

**Янин Е.П., Кузьмич В.Н., Иваницкий О.М. Региональная природная неоднородность химического состава поверхностных вод суши и необходимость ее учета при оценках их экологического состояния и интенсивности техногенного загрязнения // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2016, № 6, с. 3–72.**

В настоящее время в России оценка состояния и качества поверхностных пресных вод осуществляется с помощью:

1) гигиенических нормативов:

- ПДК (предельно допустимые концентрации) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК<sub>хп</sub>) [21, 22];

- ОДУ (ориентировочные допустимые уровни) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования [23, 24];

2) гигиенических требований:

- общие требования к составу и свойствам воды водных объектов в контрольных створах и местах питьевого, хозяйственно-бытового и рекреационного водопользования (некоторые показатели этих требований в обиходе нередко также называют ПДК) [91];

- нормативы качества воды родников [92];

3) рыбохозяйственных нормативов:

- ПДК вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения (ПДК<sub>рх</sub>) [65];

- показатели состояния рыбохозяйственных водных объектов [26];

- общие требования к составу и свойствам воды водных объектов рыбохозяйственного значения [60].

Как показывает практика, сложившаяся в нашей стране система оценки состояния поверхностных вод, основанная на указанных выше нормативах и требованиях, не всегда позволяет получить информацию, объективно оценивающую качество природных поверхностных вод, экологическое состояние водных объектов и реальную степень техногенного воздействия на водные экосистемы. Использование для указанных целей гигиенических нормативов не всегда оправданно из-за их, если можно так сказать, антропоцентристской направленности, поскольку они оценивают состояния природных вод с точки зрения возможности их утилитарного использования человеком (для питьевых, хозяйственно-бытовых, рекреационных и т. п. целей). Рыбохозяйственные нормативы в большей степени направлены на обеспечение сохранения водных биоресурсов [69, 74]. Именно поэтому их нередко рассматривают в качестве одной из важных составляющих системы природоохранного нормирования. Однако практически все действующие ныне нормативы ПДК<sub>рх</sub> химических веществ не соотнесены с категориями водных объектов рыбохозяйственного значения – высшая, первая и вторая, которые различаются как по гидрометрическим и гидрологическим характеристикам, так и по химическому составу воды и биологическим показателям состояния водных экосистем. Величины (значения) ПДК<sub>рх</sub> определяются в лабораторных условиях в краткосрочных (дни) и хронических (недели) опытах на изолированных популяциях организмов, которые принадлежат к небольшому числу тестовых видов; по ограниченному набору ответных реакций на воздействующие факторы. Экстраполяция разработанных в лабораторных условиях ПДК<sub>рх</sub> на реальные условия водных объектов не всегда обоснована. При разработке нормативов ПДК<sub>рх</sub> отсутствуют критерии перехода от модельных лабораторных тест-систем к природным водным объектам, в связи с этим практически невозможно учесть сочетанное воздействие разных веществ в воде водного объекта. Показательную историю рассказал С.А. Патин (в свое время возглавлявший Комиссию по водной токсикологии), произошедшую в 1980-х гг. Указанная Комиссия рассматривала проекты ПДК<sub>рх</sub> и представляла их к утверждению в качестве официальных нормативов. «Однажды случилось так, что два уважаемых уч-

реждения случайно и независимо друг от друга представили отчеты с обоснованием ПДК для одного и того же вещества. Оказалось, что предложенные величины ПДК отличались в 1000 раз (!)» [70, с. 151]. Существенным (а возможно и самым главным) недостатком сложившейся системы оценки качества вод и экологического состояния водных объектов является тот факт, что используемые для этих целей нормативы, включая рыбохозяйственные, устанавливаются, за редким исключением, как единые для всей территории страны и совершенно не учитывают региональные и тем более локальные природные особенности водных объектов и их водосборных бассейнов [119]. Именно поэтому в последние годы ставится вопрос о необходимости разработки так называемых региональных показателей ПДК, учитывающих реально существующую региональную природную неоднородность химического состава поверхностных вод, обусловленную природными факторами и явлениями [4, 52, 61, 78, 101].

Больше того, требование установления нормативов качества окружающей среды, в том числе качества поверхностных вод, с учетом природных особенностей поставлено Федеральным законом «Об охране окружающей среды», 2002 г. (п. 2. ст. 21) [97]. В соответствии с Водной стратегией РФ на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства РФ от 27.08.2009 № 1235-р (разделы 4, 5, 6,), предусматривается разработка экологически ориентированных (природоохранных) нормативов качества окружающей среды с учетом целевого состояния водных объектов и механизмов учета факторов формирования регионального фонового состояния водных объектов [11]. Согласно поручению Президента РФ от 06.12.2010 г. № Пр-3534 по реализации Послания Президента РФ Федеральному Собранию от 30.11.2010 г. (п. 15), в основу нормирования воздействий на окружающую среду должны быть положены экологически ориентированные нормативы качества окружающей среды, учитывающие природное состояние и естественные особенности конкретных территорий, в том числе, водных объектов. В рамках Федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах», утв. постановлением Правительства РФ 19.04.2012 г. № 350 (разделы III, IV), должна быть реализована система мер для обеспечения практического применения принципов экологического нормирования с учетом природных особенностей, индивидуальных характеристик и целей использования водных объектов.

### **Природные особенности водных объектов и их водосборных бассейнов как основа разработки нормативов для оценки экологического состояния и интенсивности загрязнения поверхностных вод**

В соответствии с ФЗ «Об охране окружающей среды» (ст. 21), нормативы качества окружающей среды устанавливаются для оценки ее состояния в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов [97]. При установлении нормативов качества окружающей (в том числе водной) среды учитываются природные особенности территорий и акваторий, назначение природных объектов и природно-антропогенных объектов, особо охраняемых территорий, в том числе особо охраняемых природных территорий, а также природных ландшафтов, имеющих особое природоохранное значение.

Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 г. № 695 утверждены «Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» [60]. В этом документе (раздел 7) установлено, что разработка нормативов ПДК вредных веществ в водах должна осуществляться с учетом природных особенностей водного объекта. Это положение распространяется на:

– химические элементы, встречающиеся в природных водах отдельных геохимических провинций в относительно повышенных или пониженных концентрациях;

– техногенные аналоги природных веществ, сброс которых требует учета типа принимающего водного объекта и особенностей водосборной территории (это вещества, способные повышать сапробность и евтрофность вод, т. е. легко утилизируемые органические соединения и соединения биогенных элементов, изменять солевой режим (минерализацию) и рН природных вод, изменять концентрацию взвешенных минеральных веществ природного происхождения, а также соединения и комплексы гуминовых кислот).

Как уже было отмечено, установленные ныне в России ПДК<sub>рх</sub>, претендующие на роль природоохранных (экологических) нормативов (нормативов качества поверхностных вод), принимаются как единые нормативы для всей обширной и чрезвычайно разнообразной в природном отношении территории нашей страны, т. е. разработаны без учета природных особенностей водного объекта и его водосборной территории и, соответственно, не отвечают требованиям ФЗ «Об охране окружающей среды», как и Указаний Росрыболовства.

Основные научно-методические пробелы и практические недостатки существующей системы рыбохозяйственного нормирования качества поверхностных вод, их неудобства и даже негативные последствия для систем мониторинга, оценок состояния водных объектов, разработки проектных документов, обоснования норм вредного воздействия на водные объекты, планирования хозяйственной и иной деятельности, принятия управленческих решений и т. п. в той или иной степени рассмотрены в научной и методической литературе [14, 18, 29–31, 35, 36, 50, 53, 81–83, 96, 105, 106, 109]. В указанных публикациях приведены многочисленные примеры, когда оценки состояния поверхностных вод (их химического загрязнения), основанные на использовании ПДК<sub>рх</sub> (как и ПДК<sub>хп</sub>), особенно при расчетах различных комплексных показателей качества вод, просто не соответствовали реалиям – чаще всего они были чрезвычайно завышенными (в худшую сторону); приводятся также другие факты, раскрывающие условность и недостатки существующей системы нормирования качества поверхностных вод с использованием ПДК, анализируются методические ошибки и погрешности в операциях экспериментального определения ПДК. Использование ПДК, единых для огромных территорий, без учета региональных (и, возможно, даже локальных) особенностей формирования химического состава природных вод повсеместно искажает реальную ситуацию и приводит к ненужным материальным затратам (в частности, соответствующие системы мониторинга и контроля в такой ситуации априори и вынужденно выдают заведомо неточную информацию).

Например, для оценки загрязненности воды водных объектов (результаты которой приводятся в официальных документах различных ведомств и служб) в быв. СССР и сейчас в России широко используется так называемый удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) [80]. При расчетах УКИЗВ (как и других комплексных показателей) в качестве нормативов («эталонов») используют ПДК вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов и водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (наиболее жесткие, т. е. минимальные, значения ПДК из совмещенных списков указанных нормативов, каковыми для большинства ингредиентов являются ПДК<sub>рх</sub>). Анализ соответствующих документов показывает, что приводимые в них оценки загрязненности поверхностных вод далеко не всегда объективны и очень часто не отражают реально существующей ситуации. Например, согласно [32], основными загрязняющими веществами поверхностных вод практически на всей территории Советского Союза в 1981–1985 годах являлись медь, цинк, железо, легкоокисляемые органические вещества (по БПК<sub>5</sub>), фенолы, соединения азота. Именно эти показатели и составляли основу ингредиентов, которые использовались при расчете УКИЗВ и других комплексных показателей состояния вод, что, в конечном счете, и предопределяло якобы высокий и даже очень высокий уровень загрязнения поверхностных вод на значительной территории страны. Аналогичная ситуация наблюдается и для других периодов времени, в том числе и для современной России. В то же время хорошо известно, что во многих регионах России (а тем более быв. СССР) фоновые (т. е. природные, естественные) содержания в поверхностных водах меди, железа, цинка, фенолов, нередко соединений азота и некоторых других химических веществ заметно (часто на порядок)

превышают ПДК<sub>хп</sub> и ПДК<sub>рх</sub>. При этом, что важно, каких-либо заметных функциональных отклонений (например, по гидробиологическим данным) в состоянии экосистем таких водных объектов не наблюдалось. Тем не менее, по значениям УКИЗВ воды этих водных объектов (нередко на значительных и даже огромных по площади территориях) относились к категории вод с высоким и очень высоким уровнем загрязненности, что (с учетом неоднозначности значений нормативов ПДК, особенно рыбохозяйственных) явно не соответствует реально существующей ситуации. В свою очередь, фоновые уровни содержания целого ряда химических элементов и природные значения некоторых гидрохимических показателей многократно ниже существующих нормативов, что также совершенно не учитывается при оценках качества и интенсивности загрязнения поверхностных вод. Особое внимание следует обратить на тот факт, что на значительной территории России поверхностные природные воды обладают минерализацией на один-два порядка ниже, чем установленные нормативные уровни.

С этой точки зрения показательны следующие факты. Так, установленные к настоящему времени (на большом фактическом материале) средние (глобальные и региональные) содержания многих химических элементов и их соединений в различных видах природных вод свидетельствуют о том, что они, с одной стороны, незначительно отличаются и даже превышают действующие ныне ПДК<sub>рх</sub> (табл. 1). В частности, значения глобальных параметров распределения в природных водах Al, Mn, Zn, Cu, Mo, V, Hg превышают (нередко существенно) установленные ПДК<sub>рх</sub>, что явно свидетельствует об условности последних. С другой стороны, глобальные и региональные параметры распределения целого ряда химических элементов и соединений существенно ниже (на один – два порядка) их ПДК<sub>рх</sub>, что также вызывает большие сомнения относительно адекватности последних. Это, в частности, относится к некоторым главным ионам, а также к Sr, B, Li, J, Cr, Rb, Zr, Sn, Cs. Так, например, ПДК цезия установлена в 1000 мкг/л, тогда как его среднее содержание в речных водах оценивается примерно в 0,02–0,03 мкг/л, в морской воде ~ 0,5 мкг/л, и только в редких типах термальных вод и рассолов его концентрации могут достигать 200–500 мкг/л и совсем редко – порядка 2000 мкг/л. Содержание цезия в попутных нефтяных водах достигает 360 мкг/л [13]. Считается, что при таких содержаниях цезия и при наличии соответствующей технологии добыча его из нефтяных вод может быть рентабельной. Таким образом, ПДК<sub>рх</sub> цезия практически в три раза выше уровня его промышленной кондиции. Формально можно сбрасывать в любой водоем (где концентрации цезия составляю около 0,03 мкг/л) любые воды с «промышленным» содержанием цезия в 999 мкг/л, с чем вряд ли можно согласиться.

Не менее показательны сравнение требований ОСТ 155.372-87 [68] с существующими ПДК<sub>рх</sub>. Указанный отраслевой стандарт определяет общие требования и наиболее характерные показатели качества воды, поступающей на рыболовные хозяйства, устанавливает технологические нормы и доступные границы их изменения с целью поддержания оптимальных условий среды при интенсивном выращивании рыбы, распространяется на качество вод рыбоводных хозяйств, занимающихся выращиванием карпа и монокультур, карпа и растительных рыб, форели. Можно, очевидно, считать, что данный стандарт определяет требования к экологическому состоянию водного объекта, обеспечивающего нормальное функционирование его экосистемы. Согласно стандарту, вода водоисточника рыбоводного хозяйства должна удовлетворять следующим требованиям: отвечать нормам, в основе которых лежат сохранность вида, плодовитость и качество потомства рыбы; отвечать биологическим особенностям выращиваемых видов рыб; обеспечивать необходимый уровень развития естественной кормовой базы рыб; не должна быть источником заболеваний разводимых рыб; обеспечивать выращиваемой рыбе товарные качества, предотвращая накопления опасных токсиантов или возбудителей заболеваний, либо веществ, портящих вкус или придающих рыбе неприятный запах (таблица 2, 3). Как видим, значения ряда нормативных показателей качества воды прудовых хозяйств заметно превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>, чего, очевидно, просто не должно быть.

## Средний химический состав природных вод

Показатель	Подземные воды зоны выщелачивания [107]				Воды зоны гипергенеза, среднее [107]	Речные воды [121]	Речные воды [25]	Реки Московской области [90, 114]	ПДК <sub>рх</sub> (в пересчете на элемент) [65]
	многолетней мерзлоты	умеренного климата	горных областей	среднее					
pH	6,53	6,82	7,23	6,75	6,90	-		7,86	6,5-8,5
	мг/л								
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	4,05	18,2	20,3	12,4	70,7	11,2		15	100
Cl <sup>-</sup>	4,67	15,9	12,7	10,1	59,7	7,8		10	300
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,31	2,13	2,26	1,56	2,40	1,0		2	40 (9)
F <sup>-</sup>	0,19	0,26	0,25	0,23	0,48	0,10	0,10	0,201	+0,05 (≤ 0,75)
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,03	0,10	0,20	0,10	0,19	-		0,079	0,08 (0,02)
Na <sup>+</sup>	6,64	23,8	13,8	13,8	67,6	6,3	6,9	12,5	120
Ca <sup>2+</sup>	16,8	38,3	37,8	27,4	39,2	15	15	68,2	180
Mg <sup>2+</sup>	5,56	16,5	14,5	11,2	18,2	4,1	3,9	17,3	40
K <sup>+</sup> *	0,83	2,74	1,55	1,84	5,15	2,3	2,1	1	50
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1,09	0,52	0,37	0,52	0,59	-		0,5	0,5 (0,4)
	мкг/л								
Fe	328	689	429	424	481	670	40	206	100
Al	<b>216 **</b>	<b>165</b>	<b>236</b>	<b>190</b>	<b>226</b>	<b>400</b>	<b>50</b>	-	40
Sr	20,8	185	102	88,7	183	50	50	-	400
B	20,2	55,9	27,9	35,4	77,9	10	18	20	500
Mn	<b>12,7</b>	<b>59,2</b>	<b>22,7</b>	<b>34,3</b>	<b>54,5</b>	7,0	<b>10</b>	<b>27,8</b>	10
Zn	<b>22,4</b>	<b>42,8</b>	<b>18,4</b>	<b>30,3</b>	<b>41,4</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>28,5</b>	10
Ba	9,09	25,3	14,1	14,4	18,3	10	40	24,1	740
Ti	4,09	8,82	11,6	6,96	17,4	3,0	3	6,4	60
Li	4,08	10,7	7,73	6,20	13,0	3,0	2,5	2	80
J	2,19	5,59	4,25	6,00	8,02	7,0	70	-	400
Cu	<b>2,44</b>	<b>4,85</b>	<b>4,06</b>	<b>4,00</b>	<b>5,58</b>	<b>7,0</b>	<b>7</b>	<b>7,6</b>	1
Ni	1,84	3,45	2,22	3,11	3,58	0,3	2,5	5,5	10
Cr	2,34	2,83	3,71	2,78	3,03	1,0	1	1,25	70+20 ***
Pb	1,52	3,10	2,04	2,18	2,97	3,0	1	2,17	6
Rb	1,42	2,55	1,06	1,81	1,86	1,0	2,0		100
Mo	0,78	0,89	<b>1,34</b>	<b>1,16</b>	<b>1,75</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>	0,5	1
As	0,86	1,64	1,51	1,34	1,46	2,0	2	0,43	50
V	0,64	<b>1,28</b>	0,91	<b>1,01</b>	<b>1,34</b>	0,9	<b>1</b>	<b>1,38</b>	1
Zr	1,13	1,51	0,85	1,16	1,20	-	2,6	0,8	70
Se	-	0,64	0,57	0,45	0,72	0,2	0,2	0,13	2
Co	0,29	0,34	0,28	0,33	0,39	0,2	0,3	0,3	10
Sn	0,29	0,44	0,32	0,35	0,39	0,5	-	-	112
Cs	-	-	0,48	0,18	0,26	0,02	0,03	-	1000
Cd	-	0,15	0,25	0,20	0,24	-	0,2	0,13	5
Be	0,05	<b>0,24</b>	0,19	0,16	0,19	-	-	0,13	0,3
Hg	-	<b>0,044</b>	<b>0,0383</b>	<b>0,0411</b>	<b>0,0411</b>	<b>0,07</b>	<b>0,07</b>	<b>0,049</b>	0,01
W	-	-	-	-	-	-	0,03	0,1	0,8

\* При минерализации менее 100 мг/л ПДК калия = 10 мг/л. \*\* Здесь и далее в таблицах жирным шрифтом выделены значения, достигающие или превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>; для фосфатов приводятся наиболее «жесткие» значения ПДК<sub>рх</sub>. \*\*\* Cr<sup>3+</sup> + Cr<sup>6+</sup>.

Очень показательна ситуация, изученная в 2003 г. в условиях природной геохимической аномалии в бассейне р. Ичи, которая берет свое начало в отрогах центральной части Срединного хребта полуострова Камчатки, протекает по территории Соболевского района Камчатского края и впадает в Охотское море [54]. Длина реки – около 233 км. Скорость течения 0,5–2,0 м/с. Глубина в нижнем течении 1–3 м, ширина 50–100 м, глубина в среднем течении 0,8–2 м, ширина 20–40 м. Температура воды 5–7°C. Площадь её водосборного бас-

сейна – 4530 км<sup>2</sup>. Ича имеет около 20 притоков. В р. Иче постоянно обитают микижа, голец, кунджа; река является местом нереста лососёвых (сюда на нерест заходят чавыча, нерка, кета, горбуша, кижуч). В данном районе (в западных отрогах Срединного Камчатского хребта, в средней части северного склона горного массива Верхняя Тхонжа между р. Ича и ее правым притоком Шануч) располагается крупное и подготовленное к освоению Шанучское кобальт-медно-никелевое месторождение. Участки рек Ича и Шануч, а также некоторые ручьи, примыкающие к территории месторождения, являются нерестовыми и относятся к высшей рыбохозяйственной категории.

Таблица 2

**Общие требования к воде, поступающей в прудовые хозяйства, мг/л [68]**

Показатель	Карповые хозяйства, летние пруды	Форелевые хозяйства, летние пруды	Зимовальные комплексы	Инкубационные цеха	ПДК <sub>рх</sub>
рН	6,5-8,5	7,0-8,0	6,5-8,0	7,0-8,0	6,5-8,5
ПО *	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	5
ХПК	<b>50</b>	<b>30</b>	-	-	15
БПК <sub>5</sub>	<b>3</b>	2	<b>3</b>	2	2
БПК <sub>полн</sub>	<b>4,5</b>	3	<b>4,5</b>	3	3
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<b>1,0</b>	<b>0,5</b>	<b>1,0</b>	<b>0,75</b>	0,4
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,02	0,02	0,00n	-	0,02
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	2,0	1,0	-	-	9
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	-	-	0,05
Fe <sub>общ</sub>	1,8	0,1	0,3	0,1	0,1

\* Здесь и далее – перманганатная окисляемость.

Таблица 3

**Требования к воде прудовых хозяйств (допустимые значения), мг/л [68]**

Показатель	Карповые	Карповые и в поликультуре	Форелевые	ПДК <sub>рх</sub>
ХПК	-	<b>30</b>	<b>65</b>	15
БПК <sub>5</sub>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>8</b>	2
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	<b>0,5</b>	0,3	0,4
N-NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	-	<b>0,2</b>	<b>0,1</b>	0,02
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-	3,0	1,0	9
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-	<b>0,5</b>	<b>0,3</b>	0,05

Оценка состояния водотоков территории Шанучского месторождения меди, кобальта и никеля осуществлялась по геохимической обстановке на водосборе (растительность и почва), химическому составу воды и донных отложений, количественным и качественным характеристикам зообентоса и ихтиофауны [54]. Авторы цитируемой работы исходили из положения, что в противоположность районам с техногенными источниками загрязнения, где водные организмы и экосистемы эволюционно не адаптированы к повышенным концентрациям элементов, в водотоках, дренирующих зоны природных геохимических аномалий, ситуация может быть иной. Довольно часто на фоне повышенного содержания элементов, которые превышают нормативы, не наблюдается видимых нарушений в развитии организмов и сообществ, и экосистемы функционируют достаточно устойчиво, демонстрируя различные механизмы адаптации к химическому воздействию. Отличия таких биогеоценозов от формирующихся в условиях «нормального» геохимического фона могут выражаться в ином видовом составе или структуре сообщества, а также в специфических приспособлениях, реализуемых на популяционном и организменном уровнях. Исследованиями авторов цитируемой работы [54] установлено, что в воде водотоков бассейна р. Ичи отмечены превышения ПДК<sub>рх</sub> химическими элементами (таблица 4).

Химические элементы в поверхностных водах бассейна р. Ичи, мг/л [54]

Водоток, место	Co	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn	P
Ралли (исток)	-	<b>0,1769</b>	0,0044	0,0073	0,0017	<b>0,037</b>	<b>0,0254</b>
Ралли (устье)	<b>0,0989</b>	<b>1,0090</b>	<b>0,098</b>	<b>3,981</b>	0,0073	<b>0,0529</b>	<b>0,0667</b>
Тройной (исток)	-	<b>0,1837</b>	0,0064	0,0074	0,0071	<b>0,0372</b>	<b>0,0291</b>
Тройной (средняя часть)	-	<b>0,2067</b>	0,0061	0,0094	0,0043	<b>0,05</b>	<b>0,034</b>
Тройной (устье)	-	<b>0,2134</b>	0,0055	0,0089	0,0072	<b>0,0424</b>	<b>0,028</b>
Саматкин Ключ	0,001	<b>0,0142</b>	0,0046	<b>0,0100</b>	0,0047	0,0015	-
ПДК <sub>рх</sub>	0,010	0,001	0,01	0,01	0,06	0,01	0,016*

\* Рассчитано по фосфатам.

В соответствии с установленными особенностями геохимического фона на водосборах изученные ручьи располагаются в закономерную последовательность [54]. В ряду Саматкин Ключ – Тройной – Ралли во всех компонентах природной среды (растения, почвы, донные отложения и вода) наблюдается последовательное увеличение концентрации отдельных элементов. В воде этих ручьев превышение ПДК наблюдается по 1, 4 и 7 элементам соответственно. Содержание основного рудообразующего элемента – меди – последовательно возрастает. В соответствии с гидрохимическим природным фоном меняются видовой состав, численность и биомасса водных организмов. Если руч. Ралли в нижнем течении безжизнен, то в руч. Тройном показатели биологической продуктивности увеличиваются, достигая почти фоновых значений в руч. Саматкин Ключ. Интересно, что в руч. Саматкин Ключ и Тройной, несмотря на высокие содержания некоторых элементов, многократно превышающих ПДК (содержания меди, например, в 14–213 раз), обитают организмы макрозообентоса и постоянно держится молодь лососевых рыб, а в руч. Саматкин Ключ, кроме того, заходят на нерест лосося. Важно отметить, что указанные высокие концентрации целого ряда тяжелых металлов и фосфора, судя по всему, стабильны во времени и пространстве. По мнению авторов цитируемой работы, отсутствие видимых отклонений в состоянии экосистем этих ручьев позволяет предположить наличие пока плохо изученных механизмов их функционирования в условиях повышенных содержаний элементов. Такие территории существуют длительный период времени, и сформировавшиеся здесь наземные и водные экосистемы можно рассматривать в качестве поставленного природой «эксперимента», демонстрирующего адаптационные возможности и пределы устойчивого функционирования экосистем. Отмеченная ситуация, судя по всему, достаточно типична для камчатских рек. Характерный пример приводит Г.П. Яроцкий [112]. Так, вода ручья Малахитового, водосбор которого расположен на западных склонах Срединного массива Камчатки, отличалась очень высокими концентрациями меди. Ручей вполне оправдывает свое название. Например, геологический молоток, оставленный на ночь в ручье, утром блеснул как золотой от отложившейся на нем меди. Тем не менее, несмотря на экстремально высокие уровни в воде ручья меди, геологи здесь ловили вполне здоровых гольцов. Более того, данный ручей впадает в лососевую нерестовую речку (без каких-либо катастрофических экологических последствий для ее экосистемы).

Таким образом, приведенные выше даже немногочисленные примеры однозначно свидетельствуют о важности учета региональных особенностей формирования химического состава природных вод при разработке природоохранных (экологически обоснованных) нормативов качества поверхностных вод, необходимых для адекватной оценки не только состояния, но и интенсивности загрязнения водных систем. Безусловно, при разработке таких нормативов качества воды поверхностных водных объектов и при их оценках состояния необходимо учитывать реально и закономерно существующую естественную пространственную (региональную) неоднородность состава поверхностных вод в пределах нашей страны, неоднородность, существование которой обусловлено спецификой проявления природных факторов и явлений (зональных, региональных, локальных) формирования химического состава поверхностных вод.

## Основные факторы формирования природной региональной неоднородности химического состава поверхностных вод

Существование региональной неоднородности химического состава природных вод является следствием важнейшей особенности строения, «основного проявления» биосферы – ее геохимической гетерогенности (мозаичности) [8]. Согласно сформулированному В.И. Вернадским эмпирическому обобщению, химический состав биосферы в разных местах земной поверхности закономерно различен и теснейшим образом связан с геологическим характером местности, с ее литологическим составом, со сгущениями разных форм жизни; живое вещество охватывает и регулирует в области биосферы все или почти все химические элементы. С геохимической точки зрения любые естественные образования – природный компонент, геологическое тело, ландшафт, экосистема – определяются, прежде всего, своим элементарным химическим составом, т. е. характерным только для них количественным распределением химических элементов. В полной мере это относится и к природным водам. Например, в своей фундаментальной «Истории природных вод» В.И. Вернадский приводит классификацию природных вод, насчитывающую 485 минералов группы воды, распределяющихся в 139 семейств, в свою очередь собирающихся в 39 подцарств, которые распределяются в 19 царств [9]. В подцарстве наземных (поверхностных) вод ученый выделил 16 семейств и 64 вида вод, различающихся химическим составом. Общее же число видов вод, по его мнению, должно быть увеличено до 1500.

Факторы, определяющие формирование природного химического состава поверхностных вод, традиционно разделяют на две основные группы [1, 2, 64, 100]. К первой группе относят так называемые прямые факторы, непосредственно воздействующие на воду, – горные породы, почвы, живые организмы, атмосферные осадки и сухие осаднения (непосредственно выпадающие на водную поверхность). Ко второй группе относятся косвенные факторы, определяющие условия, в которых протекает взаимодействие веществ с водой, – климат, рельеф, водный режим, растительный покров, гидрогеологические и гидродинамические условия и др. По характеру воздействия природные факторы, влияющие на формирование состава вод, подразделяются на физико-географические (геоморфологические, климатические, почвенно-растительные и почвенно-геохимические, выветривание), геологические (вещественный состав и геохимическая специализация горных пород, тектоническое строение, гидрогеологические условия, металлогенические особенности), физико-химические (химические свойства элементов, кислотно-щелочные и окислительно-восстановительные условия, смешение вод, катионный обмен), биологические и биогеохимические (деятельность живых организмов). Важнейшее значение для формирования химического состава вод водных объектов имеет характер их питания (дождевое, снеговое, ледниковое, подземное, озерное, их соотношение в пространстве и во времени), генетические типы (склоновые, почвенные, грунтовые воды) и генетические категории вод (атмосферные, поверхностно-склоновые, почвенно-поверхностные, почвенно-грунтовые, грунтовые и т. п. воды), участвующие в питании рек и обладающие характерными особенностями химического состава вследствие ландшафтных и иных различий водосборов [3, 15, 110]. Для большинства названных факторов характерны пространственное (локально-региональное) разнообразие проявления и неоднородность степени участия в формировании химического состава поверхностных вод. Для многих факторов типична широтная зональность и(или) высотная поясность, т. е. соответственно закономерное изменение физико-географических процессов, компонентов и комплексов природных систем в широтном направлении и закономерная смена природных условий и ландшафтов в горах по мере возрастания абсолютной высоты. Важную роль в формировании геохимической неоднородности биосферы и особенно состава природных вод играют такие локальные факторы, как месторождения полезных ископаемых (особенно рудных и горнохимического сырья), минеральные источники, карстовые явления и т. п.

В конечном счете все это определяет их разную роль и разную степень проявления в формировании химического состава поверхностных вод, априори определяя его пространст-



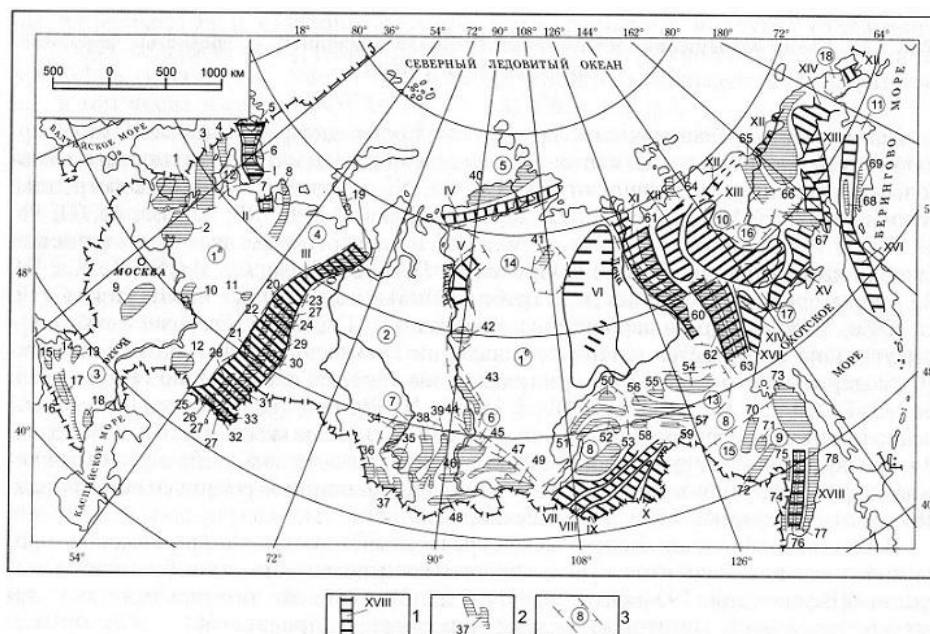
венную (регионально-локальную) неоднородность. Следует отметить, что природная неоднородность строения территории России очень хорошо проявляется уже в глобальном масштабе (в макромасштабе). Так, в пределах территории нашей страны встречаются почти все основные типы структурных элементов земной коры: древние и молодые платформы, разновозрастные складчатые пояса, области, системы и террейны, пассивные и активные окраины континентов с островными дугами и краевыми морями [45]. В пределах России располагаются Восточно-Европейская и Сибирская эпидокембрийские платформы, Урало-Монгольский эпипалеозойский складчатый пояс, северо-западная часть Тихоокеанского складчатого пояса и небольшой отрезок самой внешней зоны Средиземноморского складчатого пояса. Достаточно выраженная сложность пространственного геолого-тектонического строения нашей страны определяет существенное разнообразие геохимических особенностей и гидрогеологических условий в пределах ее территории. Показательно, что основным тектоническим структурам соответствуют трансрегиональные и региональные геохимические неоднородности аномальных геохимических полей. В целом в пределах территории нашей страны выделяются семь типов трансрегиональных тектонических структур – кристаллические щиты, древние и молодые платформенные плиты, различные складчатые области общим числом 26, охватывающие в совокупности 135 геодинамических комплексов, дифференцированные по геохимическим типам (составу геохимических ассоциаций), мозаичность, неоднородность распределение которых на территории Российской Федерации наглядно отражает карта геохимической специализации структурно-вещественных (геодинамических) комплексов России [75]. Все это и предопределяет пространственную пестроту литогеохимической основы ландшафтов нашей страны [20] и формирование в ее пределах разнообразных ландшафтно-геохимических провинций и геохимических ландшафтов [71–73].

В пределах территории России выделяются фрагменты семи геохимических мегапровинций [49, 75]. В геохимическом отношении они весьма неоднородны. Геохимические провинции отвечают плитам, щитам и покровно-складчатым областям и характеризуются чертами геохимической индивидуальности. Даже аномальные поля провинций с аналогичной геотектонической позицией (кристаллические щиты, платформенные плиты, складчатые области) обычно геохимически различаются [75]. Особенностью аномальных полей геохимических провинций кристаллических щитов является доминирование в них халькофильных элементов. На Балтийском щите главные элементы халькофильной группы представлены Cu, а на Алдано-Становом – Au, Ag. Ведущие литофильные элементы в обеих провинциях представляют U и Mo, а сидерофильные – в первой – Ni, а во второй – Cr. Из геохимических провинций платформенных плит наиболее близки между собой Скифская и Западно-Сибирская геохимические провинции молодых платформ. Их преимущественно сидеролитофильные аномальные геохимические поля характеризуются практически одним составом – U, Sr, Ti, Zr. Для Западно-Сибирской провинции характерно еще и широкое развитие полей Mn и Co, а для Скифской геохимической провинции – Y и Yb. К ним, в плане доминирования U, Sr, Zr, Ti, близка Восточно-Европейская геохимическая провинция, но в ней также широко распространены и поля Cu, Zn, P, Mo, Mn. Существенно отличаются аномальные поля Тимано-Баренцевоморской и Центрально-Сибирской платформенных провинций. Первая провинция приурочена к молодой платформе и в ней доминируют поля Cr, Mn и Ni. Вторая геохимическая провинция соответствует древней платформе, испытавшей интенсивную тектономагматическую активизацию, и характеризуется широким развитием аномалий Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Ti, Cr, V. Из геохимических провинций складчатых областей, широкое развитие аномальных полей Pb, Zn, Cu сближает Кавказскую, Уральскую, Пайхой-Новоземельскую и Алтае-Саянскую провинции. Кавказская и Уральская геохимические провинции относятся к аккреционно-коллизийным областям, но в Кавказской провинции по распространенности аномальных полей вслед за халькофильными элементами следуют литофильные (W, Mo), а в Уральской геохимической провинции – сидерофильные (Ni, V, Co, Cr, Mn). В Пайхой-Новоземельской геохимической провинции коллизийной области сидерофильные и литофильные поля угнетены. Аномальное поле Алтае-Саянской геохимической провинции ак-

креационно-коллизионно-активноокраинной области наиболее комплексно. В нем список халькофильных элементов дополняют Ag и Au, и широко распространены поля литофильных (Mo, W) и сидерофильных (Mn, Co) элементов. Для складчатых областей восточной части страны характерны лито- и халькофильные поля. Доминированием аномалий Au, Pb и Zn характеризуются Байкало-Витимская, Монголо-Охотская и Колымо-Омолонская геохимические провинции. Из них Байкало-Витимская и Монголо-Охотская геохимические провинции приурочены к аккреционно-коллизионно-активноокраинным областям, а Колымо-Омолонская – к аккреционно-коллизионной. Литофильные поля в первых двух провинциях представлены Mo, U и W, а в последней – Sn, W и Mo. Близкий состав полей с доминированием Au и Ag объединяют Охотско-Чукотскую и Хоккайдо-Сахалинскую геохимические провинции аккреционно-коллизионно-активноокраинных областей. Но в первой распространены аномальные поля Pb и Zn, а во второй – Hg и Cu. Литофильная составляющая обеих геохимических провинций представлена Sn, W и Mo. Преобладание литофильных полей является общим для Буреинско-Цзямусинской и Сихотэ-Алинской провинций аккреционно-коллизионно-активноокраинных областей, Верхояно-Колымской и Чукотской провинций коллизионных областей и Курильской островодужной провинции. В Буреинско-Цзямусинской геохимической провинции они представлены Sn, U и Be, в Сихотэ-Алинской геохимической провинции – Sn, W и Mo, в Верхояно-Колымской и Чукотской геохимических провинциях – Sn и W, а в Курильской геохимической провинции – Mo. Халькофильная составляющая в Буреинско-Цзямусинской геохимической провинции представлена, в основном, полями Ag, а в других провинциях – Au, Ag, Cu, Pb, Zn. Яркой выраженной халькофильной специализацией выделяется Корякско-Камчатская геохимическая провинция аккреционно-коллизионно-активноокраинной области. Ведущая роль в ней принадлежит аномальным полям благородных (Ag, Au) и цветных (Cu, Zn, Pb) металлов. Геохимические провинции во фрактальном ряду сменяют области и мегазоны – неоднородности регионального уровня. Структура аномального геохимического поля на этом уровне значительно усложняется, а выделенные объекты характеризуются более ярко выраженной геохимической и металлогенетической специализацией. Это можно видеть на примере Балтийской провинции. Выделяемые в составе ее интегрального аномального геохимического поля Кольская (Mo, U, Cu, Cr, Ni, Co, Mn, Zn, Ag) и Карельская (Cu, Cr, Ni, Mn, Mo, U, V) области достаточно отчетливо специализированы: первая – на литофильные элементы, а вторая – на сидерофильные. Эта тенденция продолжается в аномальных полях мегазон, зон и рудных районов. Выделенные в Кольской области Ловозерская и Печенгская мегазоны, становятся еще более геохимически специализированными. Из них Ловозерская мегазона приобретает литофильные свойства, а Печенгская – преимущественно, сидерофильные.

Пространственные неоднородности геологического строения и геохимической специализации горных пород, ландшафтно-геохимическая, почвенно-геохимическая и климатическая дифференциация территории страны обуславливают формирование в ее пределах своеобразных природных регионов, получивших название провинций – геохимических, биогеохимических, гидрогеохимических и т. п. Необходимо отметить, что точные определения и принципы выделения указанных территорий обоснованы все еще недостаточно четко; отсутствует их номенклатура (перечень) для территории нашей страны, не установлены четкие пространственные границы. Напомним, что геохимические провинции – это крупные геохимически однородные области с определенной ассоциацией химических элементов, близкие по размерам к металлогенетическим, петрографическим, гидрогеологическим и другим провинциям. Геохимическое своеобразие провинции в этом случае устанавливается специальными исследованиями, с помощью различных геохимических показателей (региональные кларки элементов, кларки концентрации, парагенные ассоциации элементов и др.) [17]. Еще раз отметим, что характерная особенность геохимических провинций – повышенная концентрация в них так называемых «типоморфных» химических элементов. Так, для Кавказа типоморфны медь, молибден и отчасти цинк и свинец. В Приморье типоморфно Sn, на Северо-Востоке России – Sn и Au, на Урале – Fe [17]. В пределах провинции горные породы одного

типа обладают выдержанными статистическими параметрами, в первую очередь содержания одного или нескольких рассеянных элементов. Среднее содержание ряда элементов в однотипных породах разных геохимических провинций может сильно различаться. Важно отметить, что химический состав этих пород, определяемый содержанием главных (петрогенных) элементов, остается одинаковым или имеет очень слабые отличия. Важнейшие геохимические провинции, выделяемые в пределах России, приведены на рисунке 1.



*I* – провинции: *I* – Центральнокольская (Cu, Ni, Pb, Zn, TR); *II* – Архангельская (Zn, Co, Ni, Cr, Mn, Zr, TR, Ti); *III* – Уральская (Cu, Pb, Zn, Au, Fe, Ni, Mo); *IV* – Быррангская (Ba, Ni, Pb, Zn, Cu); *V* – Курейско-Норильская (Cu, Ni, Co); *VI* – Якутская (Cr, Ni, Co, Ti); *VII* – Джидинско-Нерчинская (F, Mo, Sn); *VIII* – Могоча-Ингодинская (Au, W, Mo); *IX* – Шилка-Агинская (Sn, W, Mo, Au); *X* – Приаргунская (Pb, Zn, Au, Hg); *XI* – Верхоянская (Au, Pb, Zn, Hg); *XII* – Полоусно-Чаунская (Sn); *XIII* – Индигирско-Колымская (Au, Sn); *XIV* – Охотско-Чукотская (Ag, Au); *XV* – Тайгонско-Анадырская (Cu, Mo); *XVI* – Корякско-Камчатская (Au, Ag, Hg, Sn); *XVII* – Южно-Верхоянская (Au, Pb, Zn, Cu, As); *XVIII* – Сихотэ-Алинская (Sn, W); 2 – зоны: 1 – Ладжская (Zn, Pb, Ni, Cu, Ba); 2 – Белозерская (Nb, Zr, Co, Ni, Ba); 3 – Онежско-Карельская (Cu, Co, Ni, Mo, Zn, Au); 4 – Куолярви-Панаярвинская (Au, Cu, Pb, Zn); 5 – Печенго-Варзугская (Cu, Ni, Pb, Zn); 6 – Ловозерско-Хибинская (Zr, Nb, Mo, TR); 7 – Восточно-Беломорская (Zn, TR, Zr, Co, Ni, V, Ti); 8 – Канинско-Тиманская (Pb, Zn, Cu, Au, As); 9 – Верхнеокская (Ag, Mo); 10 – Велужская (Zr, Ti, Sn); 11 – Вятско-Камская (Au, Pt); 12 – Самарская (Ag, Cu, Sr, Mo); 13 – Среднедонская (Au); 14 – Южно-Краснодарская (Hg, P, Mn); 15 – Туапсинская (Hg); 16 – зона Главного хребта (Mo, W); 17 – зона Передового хребта (Cu, Zn, Pb); 18 – Дагестанская (Hg, Mo); 19 – Полярно-Уральская (Ba, Zn, Pb, Cu); 20 – Красновишерско-Ксенофоновская (Cu, Ba, Pb, Zn); 21 – Шаквинско-Красноуфимская (Cu, Co, Li, Sr); 22 – Троицко-Серебрянская (Mo, W, Cu, Ba); 23 – Мойвинско-Кутимская (Au, Cu, Sn, Pb, Zn); 24 – Лобвинско-Красноуральская (Au, Cu, Fe); 25 – Белебеевская (Cu); 26 – Зилаирская (Cu, Zn, Pb); 27 – Тагилно-Магнитогорская (Cu, Zn); 27а – Халиловско-Гайская (Cu, Zn, Pb, Ni); 28 – Магнитогорская (Fe, Ti, Cu); 29 – Арамилская (Cu, Au, Pb); 30 – Алапаевско-Сухоложская (Au, Cu, Pb, Zn); 31 – Пластовско-Кочкарская (Au, Fe); 32 – Кумакская (Au, Cu); 33 – Буруктальская (Ni, Co, Cu, Pb, Zn); 34 – Кольвань-Томская (Sn, Be, Mo); 35 – Салаирская (Pb, Zn, Mo); 36 – Рудноалтайская (Zn, Pb, Cu); 37 – Алтайская (Pb, Zn); 38 – Бия-Урупская (Au, Cu, Pb, Mo); 39 – Сисимо-Козырская (Au, Sn, Sb, Mo); 40 – Таймырская (Mo, Au, Cu); 41 – Прианабарская (Au); 42 – Курейско-Северореченская (Ni, Co, Cu); 43 – Тейско-Питская (Au, Ag, Pb, Zn, As, TR); 44 – Ангарская (Pb, Zn); 45 – Мана-Сисимская (Au, Pb, Zn, Mo); 46 – Джебабашская (Au, Pb); 47 – Приколбинская (Mo, Sn, Nb, TR); 48 – Верхнеенисейская (Cu, Pb, Zn); 49 – Присаянская (Pb, Zn, Cu, Au); 50 – Патомско-Бодайбинская (Au); 51 – Мама-Витимская (Sn, Mo, W); 52 – Олоkitско-Муйская (Cu, Ni, Co); 53 – Амалат-Витимская (Mo, Sn, Pb, Zn, Cu); 54 – Алданская (Au); 55 – Чугинская (Mo); 56 – Северо-Становая (Au, Mo); 57 – Южно-Становая (Y, Yb, Mo, Au, P); 58 – Удоканская (Cu); 59 – Джелтулакская (Au, TR, Mo, Cu); 60 – Западно-Верхоянская (Au, Pb, Zn, Hg); 61 – Восточно-Верхоянская (Au, Hg); 62 – Сетте-Дабанская (Pb, Au, Zn, Cu, Ag); 63 – Аллах-Юнская (Au, As); 64 – Чокурдахская (Sn); 65 – Нижнеколымская (Au); 66 – Центральночукотская (Au); 67 – Омолонская (Au); 68 – Корякско-Западно-Камчатская (Au, Ag, Hg, Cu); 69 – Олоторско-Восточно-Камчатская (Hg, Zn, Pb, Au, Ag); 70 – Буренская (Sn, Mo); 71 – Баджалско-Верхнеамгунская (Sn, Mo, W, Pb, Zn); 72 – Хингано-Охотская (Sn, Mo, Hg); 73 – Нижнеамурская (Au); 74 – Ханкайская (F, Sn, Au, Pb); 75 – Западно-Сихотэ-Алинская (Sn, Pb, Cu); 76 – Центральная (Sn, W); 77 – Главная (Sn); 78 – Прибрежная (Pb, Zn); 3 – главные региональные тектонические подразделения (номера их – цифры в кружках): 1<sup>a</sup> – Русская, 1<sup>b</sup> – Сибирская; 2 – Западно-Сибирская складчатая система, геолого-структурные провинции (3 – Северо-Кавказская; 4 – Уральская; 5 – Таймырская; 6 – Енисейско-Саянская; 7 – Алтае-Саянская; 8 – Забайкальская; 9 – Сихотэ-Алинская; 10 – Верхоянско-Чукотская; 11 – Корякско-Камчатская); 12–14 – докембрийские складчатые области (цифры) (12 – восточная часть Балтийского щита; 13 – Алданский; 14 – Анабарский); 15–18 – срединные массивы (15 – Буренский; 16 – Кольмо-Омолонский; 17 – Охотский; 18 – Чукотско-Анадырский)

Рис. 1. Схема районирования аномального геохимического поля России [63].

Хорошо известно, что химический состав организмов неизбежно меняется в зависимости от состава окружающей среды, однако состав организмов стабильнее (нежели окружающей среды), благодаря регуляторным процессам гомеостаза, являющимся адаптацией к жизни в изменчивой среде [42]. Поэтому организм способен существовать не только в пределах поля существования жизни, но и в пределах так называемого поля устойчивости жизни [7]. В зависимости от химического состава среды могут изменяться обмен веществ и приспособляемость организмов к геохимическим условиям. Это, в сущности, и позволило А.П. Виноградову [10] ввести понятие о биогеохимических провинциях, которые представляют собой области на поверхности Земли, существенно отличающиеся от соседних областей уровнями содержания химических элементов (их дефицитом или избытком) в горных породах, почвах, природных водах (рис. 2).

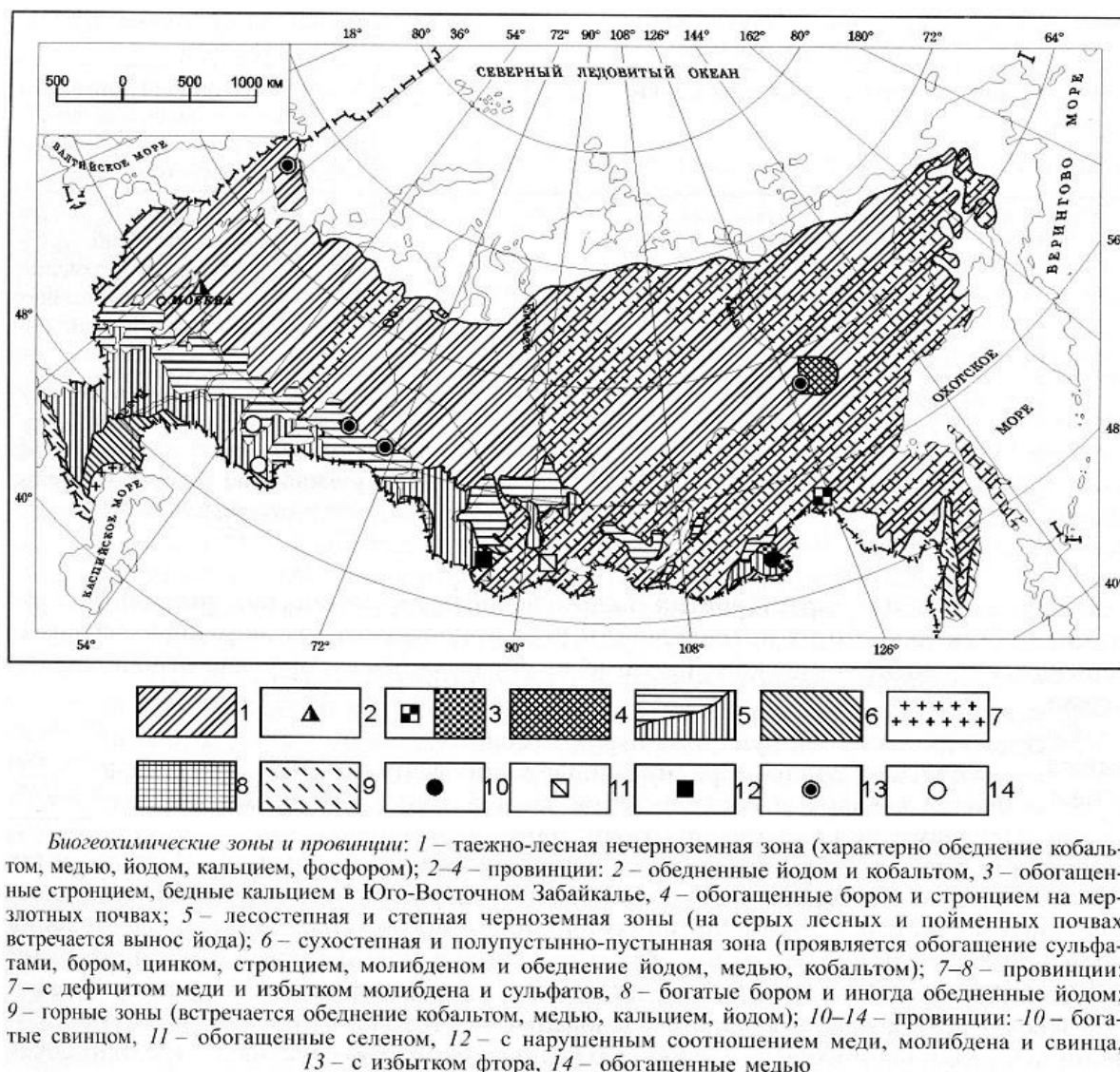


Рис. 2. Схематическая карта биогеохимического районирования России. По В.В. Ковальскому (1974) с изменениями [63].

Собственно концепция биогеохимических провинций – в развитие идей В.И. Вернадского – была сформулирована А.П. Виноградовым в 1930-х гг. и получила дальнейшее развитие в работах В.В. Ковальского и его последователей [116, 118]. В пределах биогеохимических провинций проявляются так называемые биогеохимические эндемии, т. е. массовые

заболевания живых организмов, обусловленные дефицитом или избытком какого-либо химического элемента (или группы элементов). Например, при недостатке кобальта, меди, йода, селена у людей и животных развиваются эндемический зоб, акаобальтозы, атаксия, миопатия (включая беломышечную болезнь животных). При избытке урана, стронция, молибдена, свинца, фтора, меди, никеля, селена проявляются хондродистрофии, флюороз и другие заболевания. При высоком содержании бериллия в почвах у животных возникает бериллиевый рахит, стронция – стронциевый рахит, при недостатке кальция и фосфора – остеопороз и др. заболевания костей, марганца и железа – хлороз (у растений). В соответствии с генезисом биогеохимические провинции подразделяются на природные, природно-техногенные и техногенные. Формирование природно-техногенных биогеохимических провинций нередко обусловлено интенсивной эксплуатацией подземных вод для питьевого водоснабжения, что сопровождается развитием депрессионной воронки и изменением гидродинамических и геохимических условий в подземных горизонтах. Это способствует обогащению питьевых вод фтором, что определяет развитие у населения флюороза. Происхождение техногенных биогеохимических провинций связано с образованием в техногенных ландшафтах зон загрязнения, характеризующихся наличием устойчивых ассоциаций химических элементов или синтетических соединений в различных компонентах окружающей среды. Биологические последствия, характерные для таких территорий, в ряде случаев непредсказуемы, поскольку могут проявляться не только в нарушении жизненных функций данного поколения организмов, но в изменении генетического кода. Территориально биогеохимические провинции могут быть региональными и субрегиональными, зональными и азональными. Зональные биогеохимические провинции развиты в пределах почвенно-климатических зон. Например, для зон подзолистых и дерново-подзолистых почв Северного полушария, простирающихся через всю Евразию, характерны биогеохимические провинции, связанные с дефицитом йода, кобальта, меди, кальция и др. элементов, что обусловлено их повышенной подвижностью в подзолах. Подобные биогеохимические провинции с характерными для них эндемиями (зоб, акаобальтоз, ломкость костей у животных и т. п.) не встречаются в соседней черноземной зоне. Азональные (встречающиеся практически в любой природной зоне) биогеохимические провинции, особенно с избытком химических элементов, формируются в районах рудных месторождений, солевых отложений, вулканов, в зонах техногенного загрязнения. Так, борные биогеохимические провинции и эндемии (среди флоры и фауны) обнаружены в бессточных областях; флюороз человека и животных – в окрестностях вулканов, месторождений флюорита, в районах с высоким содержанием фтора в природных водах; кариес зубов – в регионах с недостатком фтора в питьевых водах. В концепции биогеохимических провинций существенны два момента [34]: 1) признание очевидной гетерогенности химического состава биосферы (живого вещества и геохимической среды); 2) исключительно важная биохимическая и функциональная роль химических элементов (микроэлементов) в жизнедеятельности организмов. Следует отметить, что гидрохимия поверхностных водных объектов биогеохимических провинций, особенно в локальном отношении, изучена слабо. Тем не менее установлено, что они характеризуются своеобразными гидрохимическими обстановками, что обуславливает различия в особенностях миграции и уровнях содержания в водах различных химических элементов (табл. 5).

Полезные воды, развитые в пределах России, в общем случае характеризуются разнообразием условий распространения, формирования ресурсов и химического состава в гидрогеологических структурах различного порядка и строения (артезианские бассейны, гидрогеологические складчатые области и массивы). Гидрогеологические структуры крупных порядков соответствуют геолого-тектоническим структурам, мелких – геоморфологическим элементам рельефа. К настоящему времени, исходя из результатов изучения состава подземных вод и общих геохимических предпосылок, достаточно надежно установлено, что на территории нашей страны в результате природных процессов формируются региональные гидрогеохимические провинции подземных вод с повышенными содержаниями нормируемых химических элементов [46–48]. Гидрогеохимическая провинция представляет собой терри-

торию, объединяющую комплекс водоносных горизонтов артезианских бассейнов или гидрогеологических массивов, подземные воды которых имеют повышенные (по отношению к ПДК<sub>хп</sub>) природные (фоновые) концентрации нормируемых химических элементов и веществ [46]. Для таких гидрогеохимических провинций характерны: 1) высокий уровень фоновых концентраций нормируемых химических элементов, приближающийся по своим значениям к ПДК<sub>хп</sub> или превышающий его; 2) высокая частота встречаемости (>50%) в подземных водах их концентраций, превышающих ПДК<sub>хп</sub>. Распространение гидрогеохимических провинций подчинено зональности гидрогеологических структур и геохимическим особенностям горных пород и подземных вод. Существует определенная совокупность естественных процессов, формирующих определенные гидрогеохимические провинции.

Таблица 5

**Классы и типы возможных биогеохимических провинций (в скобках – классы вод) [72]**

Классы возможных биогеохимических провинций	Типы возможных биогеохимических провинций
S – с сильнокислыми водами	S <sub>1</sub> – с сернокислыми водами S <sub>2</sub> – с солянокислыми водами
W – с кислыми и кислыми глеевыми водами (кислые и слабокислые кислородные; сильнокислые глеевые)	W <sub>1</sub> – с водами, не обогащенными растворимым органическим веществом (кислые и слабокислые кислородные) W <sub>2</sub> – с водами, богатыми растворимым органическим веществом ((кислые и слабокислые кислородные; сильнокислые глеевые)
V – с нейтральными и слабо щелочными водами (нейтральные и слабощелочные кислородные)	V1 – с пресными водами (нейтральные и слабощелочные кислородные) V2 – с солоноватыми и солеными водами (нейтральные и слабощелочные кислородные)
F – с сильнощелочными (содовыми) водами (сильнощелочные кислородные)	

Важнейшими природными процессами, формирующими некондиционные пресные подземные воды, являются [37]: 1) увеличение концентраций основных макроанионов и макрокатионов их химического состава в результате растворения минералов водовмещающих отложений; 2) изменение эквивалентных соотношений макрокомпонентов, влияющих на миграционную способность нормируемых микрокомпонентов; 3) образование окислительно-восстановительных условий, благоприятных для миграции нормируемых переменновалентных элементов. В общем случае были выделены гидрогеохимические провинции следующих химических элементов и соединений, формирование повышенных концентраций которых в подземных водах происходит главным образом вследствие природных взаимосвязей в системе «вода-порода» [46–48]: а) санитарно-токсикологических показателей качества питьевых вод: аммония, бора, бериллия, мышьяка, ртути, селена, стронция, фторид-иона; б) органолептических показателей качества питьевых вод: макро-анионов – сульфат- и хлорид-ионов, микрокомпонентов – железа и марганца. Кроме того, вышенормативными значениями в определенных условиях и регионах характеризуются обобщенные показатели состояния подземных вод – общая жесткость и перманганатная окисляемость, а также бромид-ион, кремний, литий, стронций, натрий.

Изученность гидрогеохимических провинций в настоящее время явно недостаточна. В частности, существует выраженная неравномерность изученности как собственно геохимии отдельных элементов в пресных подземных водах, так и самостоятельных гидрогеохимических провинций, которые формируют эти химические элементы [37, 46–48, 111]. В настоящее время выделяются следующие гидрогеохимические провинции (многие из них являются

комплексными, т. е. в их подземных водах можно обнаружить высокие концентрации нескольких химических элементов) (рис. 3). Так, на ЕТР известна Прикаспийская гидрогеохимическая провинция сульфатно-хлоридных грунтовых вод. Гидрогеохимические провинции подземных вод с высокими содержаниями сульфатов и хлоридов распространены на территории Волго-Камского, Северо-Двинского, Восточно-Предкавказского артезианских бассейнов.

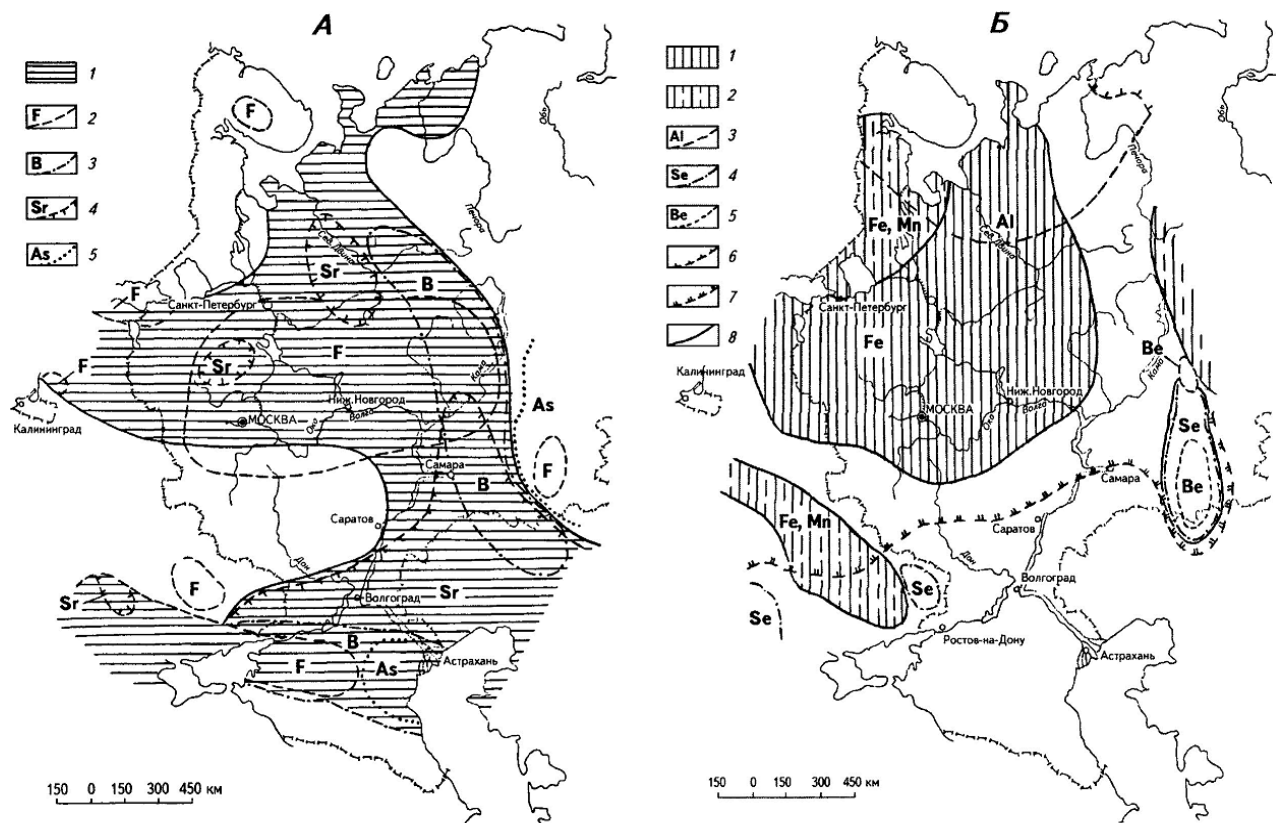


Рис. 3. Гидрогеохимические провинции подземных вод европейской части России и сопредельных территорий с повышенными (относительно ПДК<sub>ХП</sub>) содержаниями химических элементов [63].  
 А: 1 – сульфаты и хлор, 2 – фтор, 3 – бор, 4 – стронций, 5 – мышьяк; Б: 1 – железо, 2 – железо и марганец, 3 – алюминий, 4 – селен, 5 – бериллий.  
 б – область подземных вод криолитозоны с повышенными содержаниями железа; 7 – граница гумидной зоны с повышенными содержаниями железа; 8 – зона высоких содержаниями железа в грунтовых водах Южного Урала

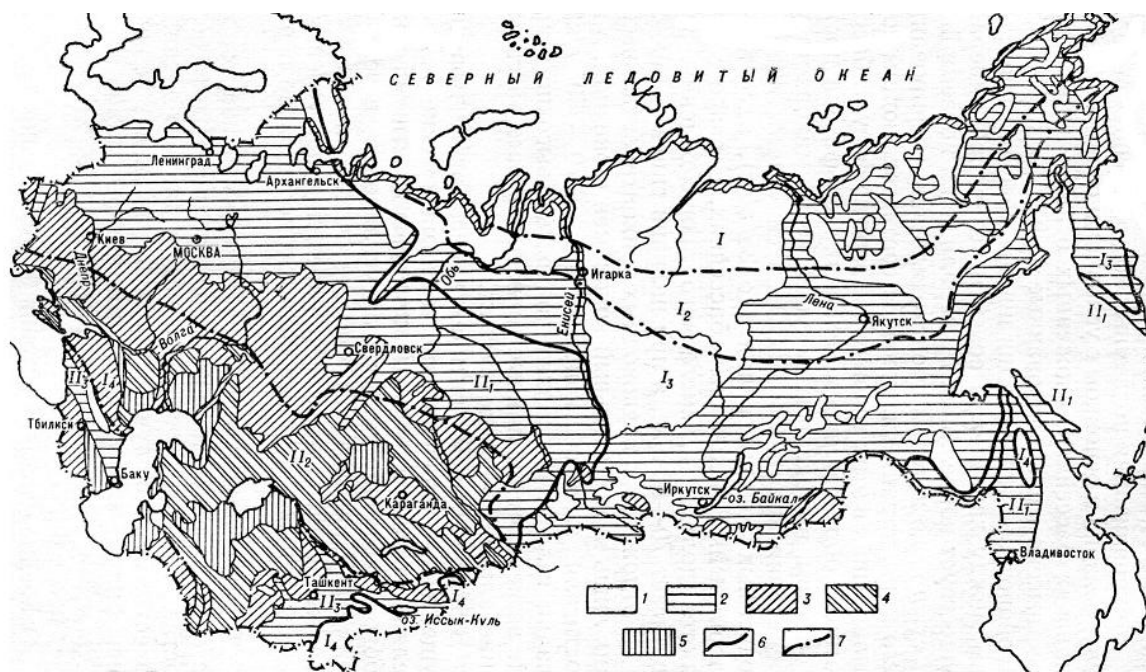
Рис. 3. Гидрогеохимические провинции подземных вод европейской части России и сопредельных территорий с повышенными (относительно ПДК<sub>ХП</sub>) содержаниями химических элементов [63].

Классическими провинциями фтороносных подземных вод являются Московская, Волго-Камская, Западно-Предкавказская, Предуральская, Азово-Кубанская, Южно-Уральская, Южно-Западносибирская, Якутская. В складчатых областях фтороносными гидрогеохимическими провинциями являются Кольская, Южноуральская, Тувинская, Забайкальская, Хинганская, Южноприморская. На территории России также установлены гидрогеохимические провинции пластовых и трещинно-жильных вод с высокими содержаниями мышьяка и бора. Типичной надо считать Восточно-Предкавказскую гидрогеохимическую провинцию боромышьяковых подземных вод. Бороносной гидрогеохимической провинцией является Предуральская, формирование которой связано с влиянием бороносных геохимических зон в пермских породах. В зоне гипергенеза и более глубоких горизонтах, включая артезианские бассейны и их склоны, ниже зоны окислительной геохимической обстановки, широким распространением пользуются железосодержащие подземные воды. Классической является Среднерусская гидрогеохимическая провинция железосодержащих подземных вод. Гидрогеохимические провинции с повышенными содержаниями Fe, Mn, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> формируются в пределах гидрогеологических массивов, сложенных преимущественно изверженными и метаморфиче-

скими породами. Типичными являются гидрогеологические массивы Карелии, Урала и др. Гидрогеохимическая провинция грунтовых железосодержащих подземных вод занимает почти всю гумидную зону России с максимальными проявлениями в Мещере, Карелии, Архангельской и других областях севера европейской части России. Встречаемость концентраций железа, превышающих ПДК<sub>хп</sub>, в водах этих регионов более 50%. Железосодержащие подземные воды распространены в пределах Уральской складчатой области, во многих районах Приморского и Хабаровского краев, во многих рудных районах (Большой и особенно Малый Кавказ, Алтай и др.). Особые гидрогеохимические провинции бескислородных подземных железо- и марганецсодержащих вод формируются в регионах многолетнемерзлых пород. Меж- и подмерзлотные напорные воды лишены кислорода, имеют низкий окислительно-восстановительный потенциал и, как следствие этого, содержат значительно превышающие ПДК<sub>хп</sub> концентрации железа, иногда марганца. Они занимают практически всю криолитозону. На территории европейской части России выделяется Уральская гидрогеохимическая провинция с повышенными содержаниями селена в грунтовых и напорных водах, а также Уральская бериллиевая гидрогеохимическая провинция. Повышенными концентрациями соединений азота, железа, марганца, органических веществ отличаются четвертичные водоносные горизонты и комплексы Среднерусского артезианского бассейна (Московская, Тверская, Ярославская, Владимирская, Рязанская, Тульская, Калужская, Смоленская области). Важно отметить, что химический состав подземных вод зоны свободного водообмена (зоны, воды которой активно дренируются реками) по сравнению с другими глубокозалегающими подземными водами больше всего подвержен воздействиям, свойственным данной местности. Именно поэтому для общего химического состава вод зоны свободного отмечается широтная зональность, связанная с изменениями климатических условий и степени расчлененности рельефа при движении с севера на юг (рис. 4). Еще Г.Н. Каменский, исходя из указанных факторов и особенностей формирования грунтовых вод и их химического состава, выделил на территории СССР две зоны [41]: 1) Зона вод выщелачивания (и выноса солей), приуроченная к гумидным областям (областям избыточного увлажнения) с невысокими положительными среднегодовыми температурами. Грунтовые воды выщелачивания формируются в условиях преобладания подземного стока над испарением. По мере движения с севера на юг изменяются глубина залегания грунтовых вод и их минерализация от очень пресных (больше 0,2 г/л) к пресным (до 1 г/л) и солоноватым (больше 1 г/л) в более южных районах. 2) Зона вод континентального засоления, приуроченная к аридным (засушливым) областям (сухие степи, полупустыни и пустыни), где выпадает малое количество атмосферных осадков, сравнительно высокие температуры и испаряемость. В этой зоне развиты преимущественно солоноватые и соленые воды, доходящие местами до рассолов.

Для Европейской территории быв. СССР (ЕТС) в направлении с севера на юг В.С. Ильин выделял следующие зоны грунтовых вод [2]: 1) зона вод, очень близко залегающих к дневной поверхности и отличающихся высоким содержанием органических веществ и почти полным отсутствием минеральных солей; 2) воды севера, отличающиеся от предыдущих несколько большей глубиной залегания (2–6, редко 10 м); они содержат уже большее количество минеральных и меньше органических соединений; залегают на значительном пространстве ЕТС; 3) грунтовые воды зоны неглубоких оврагов, залегающие на больших глубинах (до 20–25 м); они отличаются большей минерализацией и утрачивают примесь органических веществ; в оврагах и речных долинах образуют обильные ключи, питающие реки; 4) воды глубоких оврагов; глубина залегания и минерализация их увеличиваются; отмечается пестрота минерализации; жесткость средняя; в оврагах и речных долинах обычны выходы ключей; 5) грунтовые воды овражно-балочной зоны, залегающие на глубине 50–60 м; минерализация их еще более сильная и нередко превышает 1 г/л; 6) зона причерноморских балок; грунтовые воды здесь залегают очень глубоко, иногда глубже 100 м, обычно очень жесткие, засолены или солоноваты; 7) грунтовые воды балочной зоны Причерноморской и Прикаспийской впадин; залегают местами близко к дневной поверхности, сильно засолены.





Минерализация и химический состав почвенных и грунтовых вод: 1 — весьма пресные с минерализацией до 0,1–0,2 г/кг; преимущественно гидрокарбонатные, часто с высоким содержанием кремниевой кислоты и органических веществ (в приморских участках местами сульфатные и хлоридные); 2 — пресные с минерализацией до 0,5 г/кг (редко больше), гидрокарбонатные; 3 — от пресных до слабосоленых, преимущественно с минерализацией до 1 г/кг, местами до 3 г/кг. Преобладают гидрокарбонатные, в южных районах часто сульфатные и хлоридные; 4 — от пресных до соленых, с минерализацией до 10 г/кг (редко больше), преимущественно сульфатные и хлоридные, реже гидрокарбонатные; 5 — от пресных до рассолов, с минерализацией до 200 г/кг, на отдельных участках больше, пре-

имущественно хлоридные, реже сульфатные и гидрокарбонатные (содовые); на хорошо промытых участках пресные и слабосоленые, преимущественно гидрокарбонатные и сульфатные.

Границы: 6 — между мерзлотно-климатическими провинциями; 7 — между поясами.

Грунтовые воды провинции многолетней устойчивой мерзлоты: I<sub>1</sub> — сплошная мерзлота с редкими таликами (мощность 200–500 м и больше); I<sub>2</sub> — сплошная мерзлота с широким развитием таликов; I<sub>3</sub> — высокогорные снега и ледники.

Грунтовые воды без мерзлоты: II<sub>1</sub> — гумидная зона; II<sub>2</sub> — пояс континентальной соленакопления (аридный); II<sub>3</sub> — пояс вертикальной зональности (горная область).

Рис. 4. Схема зональности подземных вод в зоне свободного водообмена (по И.К. Зайцеву и М.П. Распопову) [2].

Из природных факторов, влияющих на формирование химического состава поверхностных вод, особое значение имеют климатические особенности территории, во многом определяющие источники питания и режим водного стока, засоленность почвенного покрова и состав почвообразующих минералов. Здесь уместно вспомнить слова В.И. Вернадского, утверждавшего, что «река в основной своей массе является функцией метеорной воды; основа ее состава, вечно меняющаяся, есть дождевая вода. Но затем она питается измененной родниковой водой (верховодкой) и той чрезвычайно важной водой, которая вносится в нее метеорной водой, падающей на сушу, выщелачивающей земную поверхность — почвенным раствором. Почвенные растворы бассейна реки определяют основную составную часть солевого состава речной воды... Главным механизмом, создающим солевой состав рек..., являются почвенные растворы, главным агентом в создании которых является жизнь» [9, с. 342]. Пестрота почвообразующих пород на территории и неоднородность их химического состава обуславливают наличие в одной и той же ландшафтной зоне грунтовых, а в свою очередь и речных вод, существенно различающихся по химическому составу. Так, источниками поступления железа в поверхностные воды являются продукты выветривания горных пород и разложения органических остатков болотной и лесной растительности. Максимальное содержание железа в период весеннего половодья связано с вымыванием его из минерализующихся растительных остатков. Причем, как правило, в годы с высоким весенним половодьем концентрации железа в воде ниже, чем в годы с низким половодьем. Причинами высокой цветности и перманганатной окисляемости являются большая залесенность водосбора реки и наличие в его пределах болот.

Территория России характеризуется большим разнообразием распространенных в ее пределах типов и подтипов ландшафта, что определяет разнообразие физико-географических условий водосборов и, соответственно, условия формирования химического состава поверхностных вод. В свою очередь, существование широтной зональности, во многом определяющей особенности проявления различных физико-географических и ландшафтно-геохимических процессов, обуславливает и зональное распределение такого важнейшего компонента природных вод, как органическое вещество (табл. 6, 7). Реки тундры, лесотундры, тайги и смешанных лесов, химический состав воды которых формируется в условиях достаточного увлажнения, богатой растительности, в районах распространения почв подзолистого и болотного типов, содержат много органических веществ, причем природные значения ПО (перманганатной окисляемости) здесь практически всегда в течение года превышают ее нормативный уровень (= 5 мгО<sub>2</sub>/л). Доминирующее значение гумусовых веществ почвенного происхождения в водах рек лесных зон обуславливает высокую степень их окисления перманганатом и в соответствии с этим – повышенные значения соотношения  $O_{\text{перм}}/C_{\text{орг}}$ . Часть органического вещества речных вод, особенно в аридных реках, плохо окисляется перманганатом (так называемый «светлый гумус»), меньшие значения соотношения  $O_{\text{перм}}/C_{\text{орг}}$ , меньше единицы. В этих районах возрастает влияние внутриводоемных процессов на формирование состава вод.

Таблица 6

**Перманганатная окисляемость и содержание органического углерода в воде рек, находящихся в различных физико-географических условиях, мг/л [58] \***

Широтная зона, тип высотной поясности	ПО			C <sub>орг</sub>		
	поло- ло- водье	зимняя и летняя межень	среднее годовое значение	поло- ло- водье	зимняя и летняя межень	среднее годовое значение
<i>Широтные зоны:</i>						
тундра, лесотундра, тайга северная, средняя, южная и смешанные леса	<b>12,1</b>	<b>7,6</b>	<b>9,8</b>	11,2	7,6	9,2
широколиственные леса и лесостепь	<b>10,3</b>	<b>6,5</b>	<b>8,0</b>	9,4	7,3	8,0
степь	4,6	3,2	3,8	5,1	4,2	4,5
полупустыня и пустыня	-	-	2,5	-	-	3,2
<i>Типы высотной поясности:</i>						
тундро-таежные и лесо-луговые с гольцами	<b>8,2</b>	2,2	4,5	7,3	2,6	4,3
субтропического и пустынного поясов	-	-	1,5	-	-	2,3
ПДК <sub>рх</sub>	5			-	-	-

\* Здесь и в таблице 7 приведены средние для 60 исследованных пунктов данные за трехлетний период наблюдений (1971–1973 гг.).

Таблица 7

**Внутригодовые изменения характеристик органических веществ в воде типичных рек различных природных зон, мг/л [58]**

Широтная зона, тип высотной поясности	ПО			C <sub>орг</sub>		
	полово- дье	летняя межень	зимняя межень	полово- дье	летняя межень	зимняя межень
Тундра	4,0	4,0	3,1	3,6	3,4	3,0
Тундрово-таежный	<b>11,4</b>	4,9	0,9	9,7	5,0	1,5
Тайга средняя	<b>15,0</b>	<b>8,4</b>	3,5	12,7	8,5	3,4
Тайга южная и смешанные леса	<b>14,8</b>	<b>7,4</b>	5,5	11,6	6,8	5,8
Степь	3,6	2,0	2,3	3,7	3,4	2,6
Полупустыня и пустыня	1,1	1,3	1,9	1,9	1,8	2,0

Физико-географические условия водосборов, в первую очередь климат, определяют характер питания рек и связанное с ним распределение стока в году и, во многом, гидрохимические особенности водотоков. Напомним, что на основе одновременного учета источников питания и режима М.И. Львович [55, 56] выделил на земном шаре 38 типов рек, из которых на территории России встречаются 17 типов, которые, в свою очередь, могут быть обобщенно представлены пятью климатическими типами рек.

1. Реки преимущественно снегового питания с весенним половодьем. К этому типу относится большая часть рек России: реки Восточно-Европейской и Западно-Сибирской равнин, Среднесибирского плоскогорья и значительной территории Северо-Востока. Половодье на всех этих реках связано с таянием снегового покрова, поэтому приходится на весну – начало лета. Чем южнее, тем раньше и тем дружнее тает снег, тем раньше начинается половодье; в северных регионах, наоборот, половодье смещается на более поздние сроки и более растянуто во времени.

2. Реки ледникового питания с половодьем в теплую часть года. К этому типу относятся реки высокогорных ледниковых районов Кавказа, Алтая, Камчатки и др. Особенно сильно таяние ледников сказывается на водном режиме рек Кавказа: Терек с притоками Баксан, Малка и др. и Кубани. Это реки преимущественно ледникового питания. Талые воды ледников и вечных снегов составляют более половины их годового стока. Черты ледникового режима этих рек сохраняются до нижнего течения. В высокогорьях Алтая, в ледниковых районах хребтов Сунтар-Хаята и Черского, Камчатки для рек характерно преобладание ледникового питания (включая и высокогорное снеговое). Все реки данного типа имеют сток преимущественно летом, когда и происходит таяние ледников.

3. Реки районов муссонного климата с высокой водностью в теплую часть года. Этот тип характерен для Приморья и Приамурья. Влияние летнего муссона на режим рек проявляется в продолжительных и высоких летних паводках, сливающихся подчас в единую волну и в маловодности рек зимой. Так как снега зимой выпадает мало, а весной он частично испаряется, минуя жидкую фазу, весеннее половодье здесь невелико. Летние паводки (вторая половина лета – начало осени) связаны с муссонными дождями, которые бывают обложными и продолжительными. Дождевое питание обеспечивает 50-80% годового стока.

4. Реки районов многолетней мерзлоты с повышенной летней водностью. В бассейнах Яны и Индигирки, в горах Забайкалья и Прибайкалья преобладание дождевого стока обусловлено крайне малым количеством зимних осадков и незначительным снежным покровом, а также скудным грунтовым питанием из-за распространения многолетней мерзлоты. В северных и высокогорных районах снег тает при одновременном питании рек дождевыми осадками. Весь сток здесь проходит в течение кратковременного лета, а в остальную часть года реки очень маловодны или сток в них иссякает. В низкогорных районах Забайкалья таяние снега происходит весной, что обуславливает некоторое повышение водности рек. Сток рек этого типа за теплый период достигает 90–95% годового.

5. Реки с преобладанием дождевого питания и паводочным режимом. Эти реки распространены лишь на Черноморском побережье, в северных предгорьях Кавказа и в Калининградской области. Мощность снежного покрова здесь невелика, поэтому нет высокого половодья. Около половины годового стока (на Черноморском побережье более половины) формируется за счет дождей, вызывающих кратковременные, подчас высокие, паводки не только в теплый, но и в холодный период года.

Важную роль в формировании химического состава поверхностных вод, особенно в регионально-локальном плане, играют выходы минеральных вод и месторождения различных полезных ископаемых, особенно рудных месторождений. В последнем случае значение имеют металлогенические факторы, т. е. факторы, управляющие распределением во времени и пространстве рудоносных комплексов рудных формаций и месторождений. Как известно, объектами металлогенического анализа являются разномасштабные участки земной коры – от планетарных металлогенических поясов до отдельных месторождений определенного вида полезного ископаемого [51, 57]. Л.Н. Овчинников [67] предложил следующую системати-

ку металлогенических объектов (табл. 8). Предметом исследований региональной металлогении являются конкретные закономерности размещения полезных ископаемых в первых пяти классах металлогенических объектов – в глобальных, региональных металлогенических поясах и провинциях, металлогенических областях и зонах. Металлогеническая провинция – часть земной коры в пределах щитов и платформ или возникшая на месте складчатых областей; объединяет разнообразные взаимосвязанные рудоносные площади – металлогенические зоны, блоки и пр. [51]. Говоря проще, металлогенические провинции – это области со значительным числом рудных месторождений, обладающих генетическим родством. Названия провинций обычно географические (например, Забайкальская золото-молибден-вольфрамовая, Воронежская никеленосная и т. п.). Металлогения рудных узлов и районов основное внимание уделяет изучению вопросов структурного контроля в размещении полезных ископаемых.

Таблица 8

### Систематика металлогенических объектов [67]

Класс	Объект металлогенического исследования	Площадь, км <sup>2</sup>
I	Планетарный металлогенический пояс	$n \cdot 10^7$
II	Металлогенический пояс, провинция	$n \cdot 10^{6-7}$
III	Металлогеническая область, система	$n \cdot 10^5$
IV	Структурно-металлогеническая зона	$n \cdot 10^{4-5}$
V	Металлогеническая зона, блок	$n \cdot 10^{3-4}$
VI	Рудная зона, район	$n \cdot 10^{2-3}$
VII	Рудный узел	$n \cdot 10^2$
VIII	Рудное поле	$n \cdot 10$
IX	Месторождение	$n \text{ км}^2$
X	Рудное тело	$n \cdot 10^{0,1-0,5}$

Специфика состояния окружающей среды в районах рудных месторождений в общем случае зависит от геолого-геохимических особенностей последних, проявляющихся различием ассоциаций химических элементов в миграционных цепях, формирующих природные (рудогенные) геохимические аномалии [88, 89, 113, 115, 118]. Степень экологической опасности природных миграционных цепей определяется видом, минералого-геохимическим классом и минеральным типом полезного ископаемого, коэффициентом рудоносности, интенсивностью проявления первичных ореолов, характером эрозионного среза рудных полей и месторождений, ландшафтно-геохимическими условиями развития ореолов и потоков рассеяния. В потенциале практически любое рудное месторождение представляет собой комплексный источник химического загрязнения окружающей среды, что в существенной мере связано с присутствием повышенных концентраций широкого комплекса химических элементов в рудах и вмещающих горных породах. Комплексность месторождений как источников загрязнения проявляется также в разнообразии охватываемых химическим загрязнением природных компонентов. Основными источниками загрязняющих веществ в горнорудных районах являются руды и рудовмещающие породы, в которых формируются первичные геохимические ореолы, причем пространственные размеры последних и количество (масса) заключенных в них химических элементов, как правило, превышают параметры рудных тел, вокруг которых они образуются. В состав первичных ореолов входят как главные рудные компоненты, определяющие промышленный тип месторождения, так и ряд сопутствующих химических элементов (табл. 9, 10). Необходимо отметить, что геохимические ассоциации, характерные для руд и первичных ореолами, в качественном отношении изучены недостаточно полно, так как ориентированы главным образом на перечень элементов, используемых в качестве индикаторов при поисках месторождений. Еще Н.И. Сафронов [93] указывал на присутствие (в повышенных количествах) в первичных ореолах постмагматических месторождений практи-

чески всех 58 главных рудообразующих и сопутствующих элементов. Исследования Э.Н. Баранова [5] показали, что, например, в рудах колчеданных месторождений, помимо основных рудообразующих элементов (Fe, S, Cu, Zn, Pb, Ba), постоянно присутствуют в повышенных концентрациях элементы-примеси (Au, Ag, As, Sb, Cd, Hg, Bi, Sn, Se, Te, Ge, Ga, Tl, In, Mo, Co). Ореолы образуют также элементы-примеси вмещающих пород (Mn, Ni, V, Cr, Ti, Sc, Sr) и элементы широкого рассеяния (J, Br, Cl, F). В увеличенных количествах в околорудных измененных породах могут находиться и породообразующие элементы (K, Na, Ca, Mg, P). Аналогичная полиэлементность состава установлена для ореолов многих других типов месторождений. Первичные и вторичные ореолы рассеяния золоторудных месторождений плутогенных и вулканогенных формаций отличаются высокими концентрациями аммония [102].

Таблица 9

**Геохимические ассоциации элементов, концентрирующихся в некоторых типах рудных месторождений и сопровождающих их ореолах рассеяния [28]**

Тип месторождения	Геохимическая ассоциация
Апатитовые	P-Sr-Ce-La-Y-Yb-Zr-Nb-Mo-Pb-Ba-Sn-Ni-Co-Zn-Cr-V-Sc-Ga-Mn
Кимберлиты	Co-Ni-Cr-Pb-Zn-Ag-Cu-B-Mo-Sn
Редкометальные пегматиты	Li-Pb-Cs-Nb-Sn-Ta-W-Be-As
Медно-никелевые	Cu-Ni-Co-Ba-Pb-Zn-Ag-Bi-Sn-Be-W-Zr
Медно-колчеданные	Ba-Ag-Pb-Cd-Zn-Bi-Cu-Co-Mo
Железорудные в скарнах	Mn-Pb-Cu-Zn-Ni-V-Sn-Sr-B-Zr-Mo-Co-Fe-Ti-Cr-Y-Sc
Вольфрам-молибденовые в скарнах	Ba-Ag-Pb-Zn-Sn-Cu-W-Mo-Co-Ni-Be-V-Y
Висмутовые в скарнах	As-Pb-Ag-Zn-Co-Cu-Bi-Ni
Оловорудные	Sn-Pb-As-Cu-Bi-Zn-Ag-Mo-Co-Ni-W
Полиметаллические в скарнах	Sb-Cd-Ag-Pb-Zn-Cu-Ni-Bi-Co-Mo-Sn-W-Be
Золоторудные	Au-Sb-As-Ag-Pb-Zn-Mo-Cu-Bi-Co-Ni-W-Be
Медно-порфирировые	Ba-As-Sb-Ag-Pb-Zn-Au-Bi-Cu-Mo-Sn-Co-W-Be
Медные	Ba-As-Pb-Zn-Ag-Sn-Cu-Bi-Co-Ni-Mo
Медно-молибденовые	Cu-Mo-As-Ag-Pb-Zn-Bi-Co-Ni-Be-W
Полиметаллические	Ba-Sb-As-Ag-Pb-Zn-Cu-Bi-Mo-Co-Sn-W
Урановые	U-Ag-Pb-Zn-Cu-Mo-Co-Ni-Y
Сурьмяно-ртутные	Sb-Hg-As-Cu-Ag-Pb-Zn-Be-Co-Ni-W-Sn
Ртутные	Hg-Ba-Ag-Pb-Zn-Cu-Co-Ni-Sn-Mo-W
Стратиформные свинцово-цинковые	Ba-As-Cu-Ag-Pb-Zn-Co-Ni-Be-V
Медистые песчаники	Cu-Ag-Pb-Ba-Bi-W-Cr-Zn-Mo

Таблица 10

**Перечень ассоциаций наиболее распространенных элементов-спутников различных руд [66]**

Главный металл	Элементы-спутники
Fe	Mn-Ti-V-Co-Pt-Cu-Zn-S-P-As-Pb-Ga-Ge-B-Ni-Cr
Cu	Au-Ag-Se-Ti-Re-Co-Mo-Pb-Zn-Ge-Cd-In-As-Sn-Bi-Hg-Ni
Pb	Zn-Cu-Sn-Ag-Au-Bi-Sb-As-Se-Tl-Cd-In-Ge-Ga-Hg-Co-Ba
Zn	Pb-Cu-Sn-Ag-Bi-Sb-As-Tl-Se-Te-Ge-Au-Co-Cd-Ni-In-Hg-Ba-Ga
Ni	Co-Cu-Pt-Pd-Ir-Rh-Os-Ru-Au-Ag-Se-Te
Sn	Cu-Pb-Bi-Ag-Hg-Ta-Nb-In-Sc-W-Se-Tl-As-Zn-Co-Cd-Mo
Al	V-Ti-Ga-Cr-Mn-P-F-Nb-Zr-La-As-U-Th
Ti	V-Cu-Co-Pb-Zn-Cr-Mn-P
Mo	W-Sn-U-Cu-Zn-Pb-Re-Mn-Ge-Te-Se-Tl-In-As-Sb-Bi-Ag-Au-Co-Cd-Hg-Th-Gd-Yb-Y-Ce-Sm-Eu-Nd-La-Ni-Nb-Ta
W	Mo-Mn-Bi-Au-Cu-Zn-As-Pb-Tl-Se-Ag-Sc
Ta, Nb	W-Sn-Li-Be-Zr-Cs-Rb-In-Sc-Hg-Ag-Bi-Pb-Cu
Mn	Fe-Cu-Ni-Co-V-Cr-P-Pb-Zn-As-Ba-Ag-Sb
Cr	P-Ni-V-Co-Mn-Ti

Особую группу потенциальных поллютантов составляют различные органические соединения, присутствующие в рудах и рудовмещающих породах. Так, практически во всех гидротермальных рудных образованиях, независимо от характера вмещающих пород и типа руд, присутствуют полициклические ароматические углеводороды. Они обнаружены в рудах и минералах полиметаллических, золоторудных, ртутных, ртутно-сурьмяных, ртутно-вольфрамовых, оловорудных, флюоритовых, пегматитовых месторождений [6, 18, 76]. Органические соединения обнаружены более чем в 80 видах твердых полезных ископаемых. Всего к настоящему времени в рудах различных месторождений выявлено свыше 120 индивидуальных органических соединений.

В разрезе зоны гипергенеза рудных месторождений четко прослеживается дифференциация ассоциаций химических элементов в зависимости от характера вертикального профиля коры выветривания, типа вмещающих пород и степени концентрации сульфидов [87]. Сравнение интенсивности процессов перераспределения элементов в горизонтах окислительного типа для следующего ряда вмещающих пород: силикатные (кремнистый тип коры выветривания) – алюмосиликатные (глинистый тип коры) – карбонатные (карбонатно-глинистый тип коры) показывает, что для руд и первичных ореолов существуют контрастные и однонаправленные тенденции в изменении характера перераспределения типоморфных элементов. В породах кремнистого состава при выветривании часто наблюдается резкая дифференциация в поведении химических элементов. Многие из них здесь очень миграционно подвижны и энергично выносятся (Zn, Co, Cu, Cd, Se – почти всегда, Pb, As – часто, но особенно при обилии пирита). Другие элементы (Mo, Ag, Ba) иногда накапливаются (с гидроксидами железа). В породах алюмосиликатного состава подвижность многих химических элементов уменьшается в связи с появлением сорбционного барьера. В условиях выветривания рудовмещающих пород даже Zn часто становится малоподвижным. В основном энергично выносятся только лишь аниогенные элементы (Se, Te). Однако уменьшение подвижности элементов наблюдается далеко не всегда, поскольку оно обусловлено временными соотношениями между процессами образования глинистых минералов и окислительным разрушением сульфидов. В породах карбонатно-глинистого состава тенденция уменьшения подвижности элементов проявлена особенно контрастно. Даже в условиях выветривания относительно богатых руд большинство химических элементов ведет себя сравнительно инертно.

В результате природных гипергенных процессов происходит разрушение рудных месторождений, обуславливающее перераспределение вещества руд и первичных ореолов в окружающем пространстве и приводящее к образованию вторичных геохимических ореолов (в почвах и рыхлых отложениях) и потоков рассеяния (в донных отложениях водотоков), которые часто блокируются в сближенные серии, характеризующие оруденение рудных полей, узлов и районов [88, 113, 115, 117]. Обычно площади рудных полей колеблются от единиц квадратных километров до 20 км<sup>2</sup>, в редких случаях достигая нескольких десятков квадратных километров. Площади месторождений в среднем на порядок меньше площадей рудных полей, а площади рудных тел - на порядок меньше площади месторождений. Площади аномальных геохимических полей, соответствующие потенциальным рудным полям, в среднем составляют 15–80 км<sup>2</sup> (изменяясь в пределах 8–180 км<sup>2</sup>). Минимальные площади (8–40 км<sup>2</sup>) характерны для аномальных геохимических полей грейзеновых, пегматитовых, кварцевожильных рудных полей месторождений W, Au, Sb, Hg, Sn, а максимальные (10–180 км<sup>2</sup>) – для колчеданных, медно-порфириновых, стратиформных и жильных полиметаллических, медно-никелевых, урановых, сурьмяно-ртутных. В большинстве случаев состав аномальных геохимических полей, как правило, комплексный с преобладанием одного или нескольких основных рудообразующих элементов, которые наиболее широко распространены не только в центральных, но и в периферических частях выделяемых геохимических полей. Менее контрастные, но относительно большие по размерам аномальные поля образуют химические элементы и соединения широкого рассеяния (ртуть, галогены, щелочные металлы, битумы). Например, площадь рудного поля одного из сульфидных месторождений составляет 250 км<sup>2</sup>, из них на 120 км<sup>2</sup> концентрации Pb, Cu, Zn, Co, Mo в почвах превышают фоновые значения в

5–10 раз и на площади 25 км<sup>2</sup> – более чем в 10 раз. Для другого крупного региона развития сульфидно-касситеритовых месторождений по поисковым геохимическим данным выявлены три типа аномалий с весьма токсичным комплексом элементов в ассоциации: Hg, Pb, As, Zn, Cu, Sn, Sb, Mn. Площадь геохимических аномалий в почвах составляет почти 5000 км<sup>2</sup>, причем концентрации Pb достигают 0,1–0,5%, Hg – 0,001%, что многократно выше ПДК. Рудные месторождения характеризуются присущими им гидрогеохимическими полями, в структуре которых различают области развития рудных вод (ареал) и ореольных вод (ореол) [27, 43, 44]. Рудные воды формируются в непосредственной близости от рудного тела и характеризуются, как правило, незакономерным и неупорядоченным по отношению к потоку подземных вод пространственным распределением рудных компонентов. Ореольные воды представляют часть гидрогеохимического поля за пределами источника рассеиваемого вещества, внутри которого в соответствии со структурой потока происходит закономерное уменьшение концентраций элементов (пространство от границы рудных вод до фоновых). Гидрогеохимические поля рудных месторождений, рудные и ореольные воды практически всех известных типов рудных месторождений характеризуются повышенными концентрациями достаточно широкого комплекса макро- и микроэлементов, содержания которых могут заметно превышать фон (табл. 11, 12).

Таблица 11

**Комплекс элементов, присутствующих в аномальных концентрациях в гидрогеохимических полях некоторых рудных месторождений [43]**

Месторождение	Специфические элементы в водах	Полный комплекс элементов в водах
Уран-редкометальное	U-Sn	Al-Ti-V-Ga-Zr-Y-Yb-Be-Mo-F-Cl-Na-Cu-Zn-As-Sn
Кварц-золотое	Au-Ag	Ti-V-Ga-Zr-Be-Cu-Zn-Fe-Mn
Кварц-касситеритное	Sn	Al-Ti-V-Ga-Y-Yb-Mo-As-Zn
Урановое	U	Ti-V-Zr-Mo-F-Y-Zn
Касситерит-вольфрамитовое	Sn-W	Ti-V-Ga-Y-Be-Mo-Zn-Cu
Касситерит-шеелит-вольфрамитовое	Sn-W-Bi	Al-Ti-V-Ga-Zr-Sc-Cu
Касситерит-вольфрамитовое	Sn-W	Al-Ti-V-Ga-Zr-Be-Yb-Zn-Cu
Титано-магнетитовое	Ti-Fe-Cr-V	Al-Ga-Mg
Золотосеребряное	Au-Ag-K	Zn-Cu-As-Al-Ti-V-Ga-Y-Yb-Be
Сульфидные медно-никелевые	Co-Ni-Fe	Zn-Cu-As-Ti-Al-V-Ga-Cr-Mg

Таблица 12

**Химические элементы в рудных и ореольных водах близповерхностных золотосеребряных гидротермальных вулканогенных месторождений Северо-Востока и Д. Востока России, мкг/л [43]**

Компонент	Рудные воды	Ореольные воды	Фоновые воды	ПДК <sub>рх</sub>
Серебро	до 5	0,07	0,01	(50) *
Цинк	<b>10-30</b>	0,3-0,5	< 0,1	10
Медь	<b>1-5</b>	$n \times 10^{-1}$	0,1-0,2	1
Мышьяк	1-10	1-2	0,5	50
Марганец	<b>20-100</b>	<b>25-30</b>	1-3	10
Кобальт	<b>1-5</b>	0,5	< 0,5	1
Сульфат-ион	20000- <b>100000</b>	12000-16000	1000-2000	100000
Титан	<b>100-500</b>	<b>100-200</b>	<b>20-70</b>	60
Алюминий	<b>1000-10000</b>	<b>3000</b>	<b>100-300</b>	40
Бериллий	0,1-1	0,1-0,2	< 0,1	0,3
Ванадий	0,5-3	0,5	< 0,5	1
Калий	1500-2000	до 2000	100-400	10000 / 50000

\* В скобках приведены значения ПДК<sub>хп</sub>.

Обычно протяженность гидрогеохимических ореолов (в подземных водах) и потоков рассеяния (в поверхностных водных объектах), формирующихся в окрестностях рудного месторождения, относительно невелика и составляет в пределах придолинного ландшафта первые сотни метров, реже 1–2 км, в пределах приводораздельных ландшафтов гумидного климата – 0,5–3 км, иногда до 5–8 км; в условиях аридного климата – не превышает 0,5–2 км (табл. 13). Материалы, систематизированные В.В. Поликарпочкиным [77], свидетельствуют о том, что протяженность рудогенных потоков рассеяния химических элементов в поверхностных водотоках изменяется от первых сотен метров до первых километров, иногда до 13–17 км. Естественно, что при размещении в пределах водосбора реки нескольких месторождений и рудопроявлений геохимические ореолы и потоки рассеяния (водные и в донных отложениях) могут иметь соответственно достаточно значительную площадь и протяженность.

Таблица 13

**Основные гидрогеохимические признаки рудных месторождений Якутии  
(по В.М. Макарову, цит. по [43])**

Месторождения	Прямые признаки	Косвенные признаки	Характеристика ореолов и потоков рассеяния
Золоторудные: Плащеобразные залежи окисленных руд в карстовых депрессиях Крутопадающие жилы и сопряженные с ними субгоризонтальные залежи полисульфидного и пирит-анкеритового составов	Au Au	Ag, Mn, Sb, Sn, Ti, Be, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> Zn, Pb, Ag, Sn, Mo, Be, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Площадь ореолов до первых десятков кв. км Протяженность потоков 0,4-8,1 км
Золотосурьмяные: Зоны дробления с золотоносными кварц-антимонитовыми жилами, линзами, гнездами	Sb, Au	As, Hg, Co, Ga, Pb, Ge, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Площадь ореолов до первых десятков кв. км, протяженность потоков 0,4 км
Оловорудные: Сульфидно-касситеритовые  Оловянно-редкометалльные	Sn  Sn, Li	As, B, F, Pb, Zn, Hg, Cu, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>  As, Bi, Ag, Be, P	Площадь ореолов – первые кв. км, протяженность потоков до 1 км Протяженность потоков – первые километры
Медно-вольфрамовые и вольфрамовые	W, Sn, Cu	As, Zn, B, Co, Be, Ba	Протяженность потоков – первые километры
Полиметаллические	Pb, Ag, Zn	Sn, Cd, Cu, As, Hg, Ge, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Площадь ореолов 1-6 км <sup>2</sup> ; протяженность потоков 1-4 км
Ртутные	Hg	Sb, As, Ba, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Протяженность потоков до 1 км
Медно-никелевые	Cu, Ni	Ti, Mn, Zn, Cr, Ag, V, Pb, Co, Zr, Sn	Протяженность потоков 0,5-1 км
Алмазные (кимберлитовые трубки в карбонатных породах)	-	Nb, Cr, Mn, Ti, V, Ag, As, Ga, Co	Слабоконтрастные прерывистые ореолы площадью (0,1-1) <i>n</i> км <sup>2</sup>

Подземные воды районов бериллиевых месторождений отличаются содержаниями указанного элемента (ПДК<sub>рх</sub> бериллия установлена в 0,0003 мг/л [65]), нередко на несколько порядков превышающие норматив. В частности, практически вся гумидная зона опасна по бериллию в подземных (особенно грунтовых) водах [48]. Эта опасность особенно возрастает при увеличении концентраций фтора в подземных водах (Be образует устойчивые комплексные соединения с гидроксидом, фульвокислотами и особенно с фтором) и их формировании в пределах массивов интрузивных и эффузивных пород бериллиевых провинций. Концентрации Be достигают *n* мг/л. В фторосных подземных водах районов и зон пневматолито-гидротермальных бериллийсодержащих месторождений уровни Be достигают еще более высоких значений (иногда до *n* × 100 мкг/л. Опасность таких вод увеличивается с ростом в них



концентрации фторид-иона. В подземных водах зон гидротермальной метаморфизации районов сульфидных месторождений рост концентрации  $Be$  связан с увеличением кислотной агрессивности, происходящей вследствие окисления дисульфидов (особенно пирита), сопровождающих гидротермальную метаморфизацию пород. Концентрации  $Be$  в таких водах достигают  $n-n \times 10$  мкг/л. По имеющимся данным [120], величина  $LK_{50}$  для различных видов пресноводных рыб колеблется от 0,15 до 32 мг/л при 96-часовой экспозиции. Токсичность  $Be$  возрастает с уменьшением жесткости воды. Так, для гуппи  $LK_{50}$  в жесткой воде (450 мг/л карбоната кальция) составляет 19 – 32 мг/л, в мягкой воде (22 мг/л карбоната кальция) на два порядка выше,  $LK_{50} = 0,16$  мг/л. Максимальная токсичность проявляется в мягкой подкисленной воде. Как видим, в природе существуют воды, в которых концентрации  $Be$  достигают указанных величин.

К настоящему времени в России известно (открыто) более 20 тыс. месторождений различных полезных ископаемых (нефти, природного газа, каменного угля, руд черных, цветных, редких и благородных металлов, редкоземельных элементов, горнохимического нерудного технического сырья, драгоценных и поделочных камней и минеральных материалов и др.), плотность размещения которых достаточно велика [62]. Кроме того, очень большое количество разного масштаба различных рудопоявлений и зон минерализации, расположенных в известных металлогенических зонах; плотность размещения их также достаточно велика. Особую группу месторождений представляют собой россыпи, сформировавшиеся в результате выветривания коренных горных пород или тел полезных ископаемых под воздействием различных экзогенных процессов, часто непосредственно связанные с речными долинами и(или) руслами рек способные оказывать влияние на формирование химического состава поверхностных вод [85, 108]. В пределах России выделяется большое количество россыпных провинций и известно много россыпных месторождений: золота, платиноидов, алмаза, олова, титана, циркония, редких и редкоземельных элементов и др. (рис. 5). Все это, в той или иной степени, сказывается на условиях формирования и региональной неоднородности химического состава природных вод.

Из других условий и факторов, оказывающих существенное влияние на формирование поверхностного стока и его химического состава, следует назвать засоление почв и его характер, криогенные (мерзлотные) явления, распространение болот и процессы заболачивания, карстовые процессы и явления, некоторые другие экзогенные процессы, а также зональную (региональную) специфику интенсивности проявления различных ландшафтно-геохимических процессов.

Площадь засоленных почв в России составляет около 36 млн. га [37]. По оценке [99], площадь почв, засоленных в первом метре почвенного профиля может достигать 27,7 млн. га, засоленных со второго метра почвенного профиля – 2,7 млн. га. Среди засоленных почв ЕТР преобладают почвы сульфатного и хлоридно-сульфатного засоления, содовые почвы развиты незначительно. Схема распространения засоленных почв в пределах России приведена на рис. 6.

Процессы, протекающие в поверхностном слое горных пород и почв в зоне многолетней мерзлоты, определяют особенности мезо- и микрорельефа обширной криолитозоны нашей страны. Более половины территории России находится в криолитозоне: почти вся тундра и часть таежной зоны [63]. Контур сплошной криолитозоны соответствует среднегодовой изотерме минус 4 – минус 6<sup>0</sup>С. С повышением среднегодовых температур до минус 3 – минус 4<sup>0</sup>С развивается прерывистая криолитозона, а при температуре минус 1 – минус 3<sup>0</sup>С – островная [63]. Сезонные оттаивания пород интенсивнее всего происходят в песках (2–3,5 м), в меньшей степени – на суглинках (1,2–,5 м), слабее всего на торфяниках (0,2–0,9 м). Для криолитозоны характерны особые гидрогеологические условия. Благодаря криогенному опреснению при оттаивании возникает плотностная конвекция вод с погружением наиболее соленых. Здесь выделена зона аэрации и режим подземных вод в целом имеет застойный характер. Атмосферная влага из-за ледяного водоупора уходит в поверхностный и приповерхностный стоки, с одной стороны, обеспечивая полноводность рек, с другой – вызывая забо-

лачивание территории. В условиях сухого, резко континентального климата в ряде регионов (Центральная Якутия, Забайкалье) наличие многолетнемерзлых пород предотвращает заболачивание.



Рис. 5. Схема размещения основных россыпных провинций в пределах быв. СССР [85].

Гидрологическая роль болот заключается в том, что они служат аккумуляторами огромной массы пресной воды уникального состава [19, 59, 79]. Химический состав болотных вод отличается от химического состава поверхностных и подземных вод и зависит от географического (особенно от климатических условий) и геоморфологического (типа торфяной залежи) положения болот, состава подстилающих пород, температурного режима, определяющего интенсивность биохимических процессов. Также формирование химического состава болотных вод происходит при участии атмосферных осадков, грунтовых и поверхностных вод. Болотные воды имеют ряд особенностей: они обогащены органическим веществом гумусовой природы, почти не содержат растворенного кислорода, имеют низкую минерализацию. Высокая обменная емкость ГК обеспечивает образование прочных комплексных соединений с ионами металлов. Поступление болотных вод в реки и нижележащие водоносные горизонты способствует понижению pH, жесткости и концентрации главных ионов в воде, увеличению содержания железа, марганца и ряда других элементов и в особенности органических веществ.



Рис. 6. Картограмма распространения засоленных почв в пределах федеральных округов и административных единиц на территории России [99].

Карстовые явления происходят в результате растворения широко развитых на территории России (в особенности на платформах) карбонатных, сульфатных и галоидных пород [63]. Вынос огромных масс веществ приводит к образованию особых форм рельефа и полостей в недрах земли. По типу субстрата различают карбонатный, сульфатный и соляной карст. Растворимые горные породы могут находиться непосредственно у дневной поверхности или залегать на той или иной глубине. В первом случае развивается поверхностный (открытый) карст, который ярко выражен в рельефе местности его своеобразными формами, во втором – глубинный (подземный) или смешанный. К факторам, обуславливающим интенсивное проявление карстового процесса и одновременно лимитирующим его пространственное распространение, относятся:

- литологические – наличие благоприятных пород: карбонатных (известняк, доломит, мергель, мел, мрамор и др.), сульфатных (гипс, ангидрит), силикатных (трепел, опока) или галоидных (каменная или калийная соль), а также литологическая неоднородность разреза;
- геоморфологический – возвышенный рельеф, обеспечивающий значительное превышение карстующегося массива над базисом эрозии;
- климатические – обилие осадков и достаточно теплый климат.

Карстовый процесс может ускоряться при повышенной трещиноватости пород, широким развитии всех видов эрозии поверхности и проявлений гравитационных процессов. Доказана зависимость карстообразования от повышения уровня подземных вод в результате подтоплений, в том числе за счет создания гидротехнических сооружений. Карстовые полости служат потенциальными каналами загрязнения подземных вод. Разнообразные типы карста широко распространены в пределах России, причем площади его развития весьма значительны по размерам, что во многом обусловлено широким развитием благоприятного субстрата. Так, на Русской равнине нет ни одного бассейна крупной реки, в пределах которого не был бы развит карст. В основном (60% от площади закарстованных пород) карст на территории России развит на карбонатном субстрате. Карбонатный карст охватывает значительные территории в пределах центра ЕТР, Тимана, Урала и особенно Западного Приуралья, Среднего Поволжья, Северного Кавказа, отдельные зоны Енисейского кряжа и юга Западной Сибири. В криолитозоне России, благодаря резко континентальному климату, карстовым процессам подвержены обширные площади карбонатных пород Иркутского амфитеатра и Алданского нагорья. В бассейне Ангары и Лены развит как карбонатный, так и галогидный карст. Он известен практически во всех соленосных приповерхностных толщах (Соль-Илецк, Соликамск, Новомосковск, Сольвычегодск, Старая Русса и др.) [111]. Несколько медленнее развивается сульфатный карст, зоны распространения которого известны в бассейне Волги, Камы, Мезени, Печоры, Сев. Двины, в Предуралье и т. д. Силикатный карст в силу незначительного распространения трепелов и опок редок. Он известен, например, на Приволжской возвышенности [111].

Реки карстовых районов создают своеобразную гидрографическую сеть [16]. Характерны разреженность поверхностной сети, поглощение поверхностного стока понорами в карстовых логах, воронках и перевод его в подземный сток. Карст усиливает интенсивность подземного стока, нарушает плавный зональный характер его распределения. Во многих карстовых районах наблюдаются подземный водообмен между речными бассейнами (он может быть положительным и отрицательным) и несовпадением подземных водоразделов с топографическими. Здесь распространены карстовые озера, которые заполняют отрицательные поверхностные формы карста разного размера и характера: одиночные воронки, сложные ванны и котловины, пониженные участки днищ полей. Карстовые воды, участвующие в питании рек и озер, способны существенно изменять химический состав вод последних.

Скорость, интенсивность и формы проявления ландшафтно-геохимических процессов в существенной степени зависят от климатических и геоморфологических условий территории [20]. Большинство ландшафтно-геохимических процессов охватывает не одну, а несколько ландшафтных зон, но в отдельных зонах изменяются их соотношения и формы проявления. Процессы, идущие в супераквальных ландшафтах и менее зависящие от степени атмосферного увлажнения, распространены в более широком диапазоне ландшафтных зон и подзон, чем процессы в субаэральных ландшафтах. Некоторые процессы (глеогенез, кальцитогенез и др.) обычно в той или иной степени выражены во всех ландшафтных зонах; от тундры до степей распространены в акваториях процессы опалогенеза, от лесостепи до пустынь (в том числе арктических) выражены в супераквальных и субаэральных ландшафтах процессы галогенеза.

Таким образом, формирование химического состава поверхностных вод осуществляется в разных регионах нашей страны при участии разнообразного комплекса факторов и явлений, что в конечном счете и обуславливает его достаточно выраженную региональную природную неоднородность. В пределах России формируются водные объекты или их участки, в пределах которых природные (фоновые) уровни содержания широкого круга химических элементов и их соединений существенно отличаются от установленных нормативных значений. При этом природные концентрации могут как превышать (и порой значительно) нормативы ПДК, так и быть многократно ниже последних. Данные факты, безусловно, должны учитываться при оценках экологического состояния и степени техногенного загрязнения природных вод.

## Методические подходы к анализу региональных особенностей формирования химического состава природных вод

Систематизация и анализ доступной информации по региональной естественной неоднородности химического состава поверхностных вод осуществлялись авторами с использованием бассейнового подхода – в пределах установленных Водным кодексом РФ бассейновых округов: Балтийского; Баренцево-Беломорского; Двинско-Печорского; Днепровского; Донского; Кубанского; Западно-Каспийского; Верхневолжского; Окского; Камского; Нижневолжского; Уральского; Верхнеобского; Иртышского; Нижнеобского; Ангаро-Байкальского; Енисейского; Ленского; Анадыро-Колымского; Амурского. Бассейновый подход представляется наиболее оправданным и логичным с методической, организационной и практической точек зрения. Согласно Водному кодексу РФ [12], бассейновый подход к регулированию водных отношений является в нашей стране одним из основных принципов водного законодательства. Бассейновые округа, состоящие из речных бассейнов и связанных с ними подземных водных объектов и морей, служат в РФ основной единицей управления в области использования и охраны водных объектов являются. В целях обеспечения рационального использования и охраны водных объектов создаются бассейновые советы, осуществляющие разработку рекомендаций в области использования и охраны водных объектов именно в границах бассейнового округа. Государственный мониторинг водных объектов также осуществляется в границах бассейновых округов с учетом особенностей режима водных объектов, их физико-географических, морфометрических и других особенностей. Схемы комплексного использования и охраны водных объектов, включающие в себя систематизированные материалы о состоянии водных объектов и об их использовании и являющиеся основой осуществления водохозяйственных мероприятий и мероприятий по охране водных объектов, расположенных в границах речных бассейнов, обычно разрабатываются для бассейновых округов или для основных их гидрографических единиц (речных бассейнов и подбассейнов). Ведение Государственного водного реестра, представляющего собой систематизированный свод документированных сведений о водных объектах, находящихся в федеральной собственности, в собственности субъектов Российской Федерации, в собственности муниципальных образований, в собственности физических лиц и юридических лиц, также основывается на основе бассейновых округов. Федеральное агентство водных ресурсов реализует задачу комплексного управления водными ресурсами Российской Федерации по бассейновому принципу, для чего созданы следующие бассейновые водные управления: Невско-Ладожское, Двинско-Печорское, Камское, Верхне-Волжское, Московско-Окское, Нижне-Волжское, Донское, Кубанское, Западно-Каспийское, Верхне-Обское, Нижне-Обское, Енисейское, Ленское и Амурское.

Объективная необходимость комплексного управления водными ресурсами, основанного на бассейновом принципе, признана сегодня во всем мире [29, 30, 84, 86, 103, 104]. В сущности, реализация бассейнового подхода к организации водопользования означает, что управление поверхностными и подземными водными объектами осуществляется в рамках гидрографических единиц речного бассейна бассейновым исполнительным органом Росводресурсов – бассейновым водным управлением (БВУ), региональные органы власти РФ и местного самоуправления, водопользователи и общественность также принимают участие в управлении водными объектами, участвуя в работе соответствующего бассейнового совета [11]. Более того, «Водная стратегия РФ на период до 2020 года», во-первых, устанавливает поэтапное изменение статуса бассейновых советов как координирующих органов на органы, принимающие практические управленческие решения по вопросам реализации государственной политики в рамках бассейнового округа, оптимизации водохозяйственной и водоохранной деятельности. Во-вторых, в целях обеспечения информационной открытости мониторинговой информации при общей координации Федеральным агентством водных ресурсов предстоит завершить создание единой автоматизированной информационной системы государственного мониторинга водных объектов, формирование банка данных мониторинга по

бассейновым округам, речным бассейнам, водохозяйственным участкам, территориям субъектов Российской Федерации и в целом по Российской Федерации. Представляется, что корректировка существующих нормативов качества воды и разработка природоохранных нормативов качества воды с учетом природных особенностей должны выполняться именно и только для конкретных бассейновых округов, что представляется логичным с многих точек зрения, в том числе с организационной и нормативно-творческой. Бассейновому подходу отводится особое место в так называемой концепции регионального экологического нормирования, в рамках которой ставится вопрос о необходимости разработки (обоснования, установления) БДК – бассейновых допустимых концентраций вредных веществ в поверхностных водах (см., например [81, 82, 94, 95]). Следует отметить, что вопросы регионального (бассейнового) экологического нормирования уже рассматриваются бассейновыми советами. Так, в марте 2011 г. на заседании Бассейнового совета Нижневолжского бассейнового округа особо отмечалось, что в системе нормирования антропогенной нагрузки на водные объекты самым слабым звеном является использование одинаковых на всей территории страны нормативов качества воды – предельно допустимых концентраций, которые не учитывают природных особенностей конкретных водных экосистем [78]. В результате устанавливаются ошибочные приоритеты регулирования антропогенной нагрузкой на водотоки и водоемы. Было предложено для решения данной проблемы вместо ПДК, установленных на основе лабораторных экспериментов, использовать бассейновые допустимые концентрации (БДК), полученные по данным мониторинга водных объектов и учитывающие природные особенности формирования качества вод на конкретной территории водосбора. В ноябре 2013 г. в Мурманске состоялось заседание бассейнового совета Баренцево-Беломорского бассейнового округа [38]. Участники заседания обсудили возможность установления региональных фоновых концентраций тяжелых металлов для водных объектов бассейнов Белого и Баренцева морей, а также необходимость разработки нормативов с учетом природной составляющей. Примерно в это же время на заседании Днепровского бассейнового совета было (в очередной раз) отмечено, что «рыбохозяйственные» ПДК не учитывают имеющееся естественное природное (фоновое) содержание отдельных веществ в воде водных объектов, поэтому оценка влияния на состояние водных ресурсов в таких объектах не может считаться достоверной (например, для условий Тверской области для поверхностных вод характерно повышенное содержание Fe, Cu, Mn и некоторых других веществ) [33]. Было также отмечено, что в Республике Беларусь для всех крупных рек, протекающих по ее территории, уже обоснованы и утверждены фоновые значения концентрации вредных веществ в воде. Оценка влияния различных хозяйственных и иных объектов на состояние водной среды по бассейнам таких рек теперь осуществляется на основе утвержденных фоновых концентраций, характерных для каждой конкретной реки. В литературе сообщалось, что в ИЭВБ РАН разработаны БДК для водных объектов в бассейне Средней и Нижней Волги, которые существенно отличаются от используемых ПДК [40]. Считается, что внедрение БДК позволит учесть природно-географические и климатические особенности водных объектов и исправить ситуацию, когда ПДК, с одной стороны, необоснованно завышены, а с другой – занижены и не могут быть соблюдены в силу естественных причин.

Систематизация, анализ и обобщение доступной информации по региональной естественной (природной, фоновой) неоднородности химического состава поверхностных вод в Российской Федерации осуществлялись отдельно для каждого из установленных Водным кодексом РФ бассейновых округов по следующим основным направлениям: общие условия формирования химического состава вод, основные факторы формирования состава вод, характеристика гидрографической сети, характеристика гидрологических особенностей водных объектов и источников их питания, химический состав поверхностных вод и его своеобразие в природных (фоновых) условиях, современное состояние поверхностных вод (влияние техногенных факторов). В ходе систематизации информации особое внимание уделялось ретроспективным материалам, в той или иной мере отражающим так называемый «дохозяйственный период», а также данным, полученным при изучении фоновых участков гидрогра-

фической сети, т. е. участков, не испытывающих прямое хозяйственное (техногенное) воздействие.

Основными источниками информации являлись официальные материалы МПР РФ, его структурных и региональных подразделений (Государственные доклады, аналитические записки и пр.), материалы Росгидромета (выпуски «Ресурсы поверхностных вод» и «Гидрохимические материалы», ежегодные аналитические обзоры, Государственные доклады и пр.), материалы Роспотребнадзора и его региональных подразделений (Государственные доклады и др.), материалы бассейновых водных управлений, включая проекты СКИВО (Схемы комплексного использования и охраны водных объектов) и другие материалы, результаты гидрографического районирования РФ, официальные материалы региональных органов исполнительной власти, результаты инженерно-экологических и других специализированных изысканий, многочисленные публикации различных авторов и организаций, фондовые материалы (доступные отчеты и диссертации), результаты выполненных в пределах России международных проектов, собственные материалы авторов.

Анализ доступной информации по особенностям формирования химического состава поверхностных вод и данных по количественным параметрам распределения химических элементов и их соединений в поверхностных водах в пределах бассейновых округов России показал, что химический состав поверхностных вод в пределах конкретного бассейнового округа в природных (естественных) условиях характеризуется специфическими особенностями, которые обусловлены естественными условиями и факторами его формирования и которые должны учитываться при оценках экологического состояния водных объектов и степени их техногенного загрязнения, а также при ревизии существующих нормативов ПДК<sub>рх</sub> и при таксации рыбохозяйственных водоемов. Основные итоги анализа сводятся к следующему.

### **Региональные особенности химического состава поверхностных природных вод**

**Балтийский бассейновый округ.** Здесь поверхностные воды (за исключением воды водных объектов Калининградской области) отличаются преимущественно очень малой (менее 100 мг/л, нередко < 40–50 мг/л) и малой (100–200 мг/л) минерализацией и соответственно содержаниями главных ионов существенно (на один-два порядка) ниже существующих рыбохозяйственных нормативов. В пределах Калининградской области вода поверхностных водных объектов характеризуется средней (200–500 мг/л), реже повышенной (> 500 мг/л) минерализацией.

Для речных и озерных вод значительной территории бассейнового округа (БО) характерны повышенные и высокие содержания органических соединений, особенно гумусового происхождения. Это определяет тот факт, что наблюдаемые значения цветности, ПО, ХПК и БПК<sub>5</sub> обычно превышают установленные нормативные величины. Есть все основания полагать, что природные содержания летучих фенолов в поверхностных водах (на лесных и заболоченных территориях) также будут превышать установленный норматив. Практически на всей территории бассейнового округа для поверхностных вод характерны концентрации Fe<sub>общ</sub>, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Большая часть водных объектов Карелии отличаются содержаниями Mn, приближающимися к уровню ПДК<sub>рх</sub> и даже превышающими его. Немногочисленные данные указывают также на то, что уровни меди в поверхностных водах также нередко превышают существующий норматив. Для водных объектов с болотным питанием характерны концентрации NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Для воды некоторых малых озер БО (особенно в пределах Карелии) нередко характерны значения pH менее 6,5, обусловленные природными факторами.

Природные условия и факторы формирования химического состава поверхностных вод, специфика источников питания водных объектов указывают на то, что такие химические

элементы и соединения, как Al, Zn,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  требуют проведения специальных исследований по изучению их распределения в природных условиях. Имеющиеся разрозненные сведения свидетельствуют о том, что их концентрации в ряде случаев достаточно высоки и приближаются к величине ПДК<sub>рх</sub>.

**Баренцево-Беломорский бассейновый округ.** Поверхностные воды БО отличаются преимущественно очень малой (< 100 мг/л, часто < 40–50 мг/л, иногда < 20 мг/л) и (реже) малой (100–200 мг/л) минерализацией и соответственно содержаниями главных ионов существенно (на один-два порядка) ниже существующих рыбохозяйственных нормативов. Для озерных вод региона характерны также очень низкие (существенно ниже ПДК, нередко многократно) содержания лития, рубидия, цезия, серебра, бария, стронция, циркония, олова, мышьяка, висмута, хрома, иода. Для речных и озерных вод значительной территории БО характерны повышенные и высокие содержания органических соединений, особенно гумусового происхождения. Это определяет тот факт, что наблюдаемые значения цветности, ПО, ХПК и БПК<sub>5</sub> обычно (нередко существенно) превышают установленные нормативные величины.

Характерной особенностью многих водных объектов, особенно озер, является значительное содержание в их воде фенолов естественного происхождения, часто превышающее нормативный уровень. Практически на всей территории БО для природных условий характерны концентрации  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ , стабильно и существенно превышающие ПДК<sub>рх</sub>. В большинстве случаев превышения нормативов отмечаются для меди, алюминия и марганца. Для воды ряда рек и озер отмечаются природные концентрации фосфатов, достигающие и нередко превышающие ПДК<sub>рх</sub>.

**Двинско-Печерский бассейновый округ.** Поверхностные воды БО характеризуются преимущественно гидрокарбонатным кальциевым составом и минерализацией в среднем в пределах от 50–100 до 300–500 мг/л. В реках в период зимней межени (за счет подземного питания) она повышается до 400–600 мг/л. Самую низкую минерализацию имеют паводковые воды (не более 100 мг/л). Как правило, паводковые воды обычно имеют кислую реакцию (рН 4–5). В целом наименьшие значения минерализации характерны для бассейна р. Печоры (50–80 мг/л) и для водных объектов Большеземельской тундры (6–96 мг/л). В последнем случае наименьшей минерализацией характеризуются термокарстовые озера (6–11 мг/л), затем идут ледниковые озера (14–48 мг/л), наибольшая минерализация отмечена в пойменных озерах – до 96 мг/л, причем минерализация поверхностных вод значительно ниже весной (< 30 мг/л), в период осенних паводков 100 мг/л, в зимний период 200 мг/л и выше. Летом поверхностные воды в основном мягкие, весной и во время дождевых паводков преимущественно очень мягкие, зимой умеренно жесткие. Среднее значение общей жесткости колеблется в диапазоне 2,0–4,8 мг-экв/л. Для заболоченных ландшафтов, сформировавшихся на кварцевых песках, характерны кислые, маломинерализованные мягкие воды. Поверхностные воды региона отличаются очень низкими содержаниями фтора (судя по всему, не более 0,05 мг/л).

В пределах БО имеются районы, в поверхностных водах которых в результате проявления различных природных факторов минерализация и соответственно содержания главных ионов могут существенно увеличиваться. Так, в воде водных объектов района месторождений Варандей-Адзвинской зоны фиксируются уровни хлоридов, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Для некоторых (обычно карстовых) рек отмечаются высокие (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации магния – от 60–90 (Моша, Вымь) до 120–215 (Кулой) мг/л, сульфатов (р. Кулой, зимой до 600–1200 мг/л, р. Волошка), кальция (р. Волошка). В некоторых озерах лесной зоны (Воже) в зимний период концентрации сульфатов и магния превышают уровни ПДК<sub>рх</sub>. Для некоторых водотоков рассматриваемой территории, особенно в весенний период, характерно формирование кислой среды (отдельные участки рек Сухоны, Вычегды, Печоры и их притоков). Остаточные озера Молого-Судского ландшафта с обширными верховыми болотами кисловодны (рН 4,4–5,35).



Поверхностные воды данного БО отличаются повышенным содержанием органических (гумусовых) веществ, что особенно характерно для территорий, где распространены лесные массивы и торфяные болота. Высокое содержание гуминовых веществ придает воде желто-коричневый цвет. На значительной части рассматриваемой территории поверхностные воды отличаются значениями показателей ПО, БПК<sub>5</sub> и ХПК, которые стабильно превышают существующие нормативы. Участие болотных вод и поверхностного стока с лесных территорий в питании рек и озер ведет к возрастанию в их водах содержания фенолов, часто превышающих ПДК<sub>рх</sub>. Повышенному поступлению органических веществ и фенолов в водные объекты способствует также низкая скорость минерализации растительных остатков в почвах, свойственная для северных районов региона. В поверхностных водах Большеземельской тундры отмечается повышенное содержание нефтепродуктов, что обусловлено их поступлением из природных источников.

Для некоторых водотоков (например, для р. Вычегды и ее притоков) отмечаются концентрации аммонийного азота, превышающего допустимые нормы в теплое время года. Наиболее интенсивное повышение его концентраций большей частью наблюдается в половодье или в периоды осенних дождевых паводков. Разрозненные и единичные сведения указывают на содержание фосфатов в реках бассейна Вычегды, превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. Для озер, отличающихся высоким содержанием органического вещества гумусового происхождения и имеющих желто-коричневые воды, могут наблюдаться концентрации фосфатов и нитритов, превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. В ряде случаев на гидрохимический режим пойменных озер существенное влияние оказывают выходы соленых или солоноватых артезианских вод (соленые кулойские и сольвычегодские озера).

Для большей части озерных и речных вод в пределах территории БО характерны содержания Fe<sub>общ</sub>, стабильно (практически в течение всего года) и очень часто многократно превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Максимальные концентрации этого элемента обычно характерны для весеннего половодья. Показательно, что высокие содержания железа типичны для водоемов, активно используемых для разведения и ловли рыбы. Естественная обогащенность поверхностных вод железом (концентрации обычно много выше ПДК) – характернейшая особенность данного региона нашей страны.

Достаточно многочисленные данные по многим водным объектам БО свидетельствуют о том, что природной, естественной особенностью поверхностных вод на значительной его территории является содержание в них Cu, Zn, Mn и Al, достаточно стабильно и нередко существенно превышающее уровень ПДК<sub>рх</sub>. Для водных объектов бассейна рек Баренцева моря междуречья Печоры и Оби в воде отмечались природные уровни свинца, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Имеются единичные указания на то, что концентрации молибдена в речных водах некоторых районов Вологодской области значительно превышают существующий рыбохозяйственный норматив. По данным многолетних наблюдений установлено, что концентрации кремния в водах Северной Двины нередко достигают значений ПДК<sub>хп</sub>. Важно отметить, что есть сведения, указывающие на потенциальную обогащенность (много выше ПДК<sub>рх</sub>) подземных вод, развитых в пределах БО, аммонийным азотом, Fe, Al, Mn, Zn, Cu и Hg, что неплохо соотносится с приводимыми выше фактами об их содержаниях в поверхностных водах.

**Днепровский бассейновый округ.** Поверхностные воды в пределах данного БО отличаются природными (фоновыми) концентрациями Fe<sub>общ</sub>, Cu, органических веществ (по ХПК и БПК<sub>5</sub>), фенолов, превышающими (нередко существенно) ПДК<sub>рх</sub>. Для фоновых озерных вод установлены высокие (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации фосфора, алюминия, марганца. В пределах фоновых участков рек наблюдаются достаточно высокие уровни (до 0,6 ПДК<sub>рх</sub>) нефтепродуктов.

Важно отметить, что целый ряд химических элементов в озерных водах характеризуются концентрациями, которые многократно ниже установленных нормативов (Cs, Rb, Ba, B, Sn, Ti, Co, W, Cr).

**Донской бассейновый округ.** Минерализация поверхностных вод в пределах Донского БО изменяется от 100 до 7000 мг/л, а химический состав – от гидрокарбонатных на северо-западе территории до хлоридных и сульфатных – на юго-востоке. Среднеголетние значения минерализации речной воды в пределах верхнего и среднего течения Дона (незарегулированный участок) изменяются в диапазоне 410–590 мг/л, среднегодовые – в пределах 370–620 мг/л, что вполне может считаться современным «нормальным» значением.

Имеющиеся данные позволяют утверждать, что поверхностные воды Донского БО отличаются природными (фоновыми) концентрациями, превышающими ПДК<sub>рх</sub> или очень близкими к ним, следующих ингредиентов: Fe<sub>общ</sub>, органических веществ (по ХПК и БПК<sub>5</sub>), аммонийного азота (верховье), нитритов (верховье), сульфатов (особенно в низовье), меди, фосфатов (в районах распространения фосфоритов), марганца. Озерные воды лесостепи и степи обогащены органическим веществом, отличаются повышенными содержаниями фосфора, меди, ванадия (выше ПДК<sub>рх</sub>), но очень низкими (по сравнению с ПДК) уровнями лития, рубидия, цезия, серебра, бериллия, олова, титана, висмута, сурьмы, вольфрама, кобальта, урана, циркония. Озерные воды сухих степей и полупустыни отличаются высокими (выше ПДК) концентрациями сульфатов, хлоридов, кальция, магния, натрия, фосфора, меди, алюминия, стронция, цинка, ванадия, молибдена, марганца, брома, железа, но низкими – кремния, серебра, бериллия, кадмия, олова, циркония, висмута, вольфрама.

В подземных водах верхней и средней части бассейна Дона содержания Fe, иногда Mn, F, Sr и Si часто превышают ПДК<sub>хп</sub>, в пределах бассейна Нижнего Дона распространены подземные воды, которые относятся к сульфатно-хлоридным гидрогеохимическим провинциям и не соответствуют нормам для хозяйственно-питьевого водоснабжения по величине минерализации, жесткости, содержаниям сульфатов и хлоридов. Встречаются также подземные воды с повышенными концентрациями Fe, Mn, B, As, Cd и др. Оценка регионального распределения широкой группы химических элементов и их соединений в подземных водах лесостепных и степных ландшафтов провинции умеренновлажного климата в пределах России свидетельствует о том, что средние концентрации нитритов, Fe, Al, Br, Mn, Zn, Cu, Mo, V, Hg заметно превышают ПДК<sub>рх</sub>.

Здесь необходимо особо отметить, что оценку состояния водных объектов, состав воды которых в природных условиях изначально имеет сульфатный или хлоридный характер (как правило, при минерализации всегда заметно больше 1 г/л), следует осуществлять на основании специально для них разработанных нормативов. Использование для оценки состояния и качества воды подобных водных объектов существующих систем ПДК<sub>рх</sub> и ПДК<sub>хп</sub> совершенно неоправданно. В пределах Донского БО природные водные объекты с минерализацией воды существенно более 1 г/л распространены на водосборах, характеризующихся наличием сульфатного засоления почв и грунтов (водосборы рек Егорлык, Средний Егорлык, Ташла, Тузлов, Большой Несветай). Вода этих рек в течение всего года характеризуется высокой минерализацией (до 6 г/л) и сульфатно-натриевым или сульфатно-кальциевым составом. Сульфатно-хлоридное засоление почвенной и грунтовой толщи характерно для водосбора р. Сал, в которой минерализация поверхностной воды в течение всего года высокая (1–4,5 г/л), а по химическому составу вода реки относится в сульфатно-хлоридному классу группы натрия.

**Кубанский бассейновый округ.** Минерализация воды рек бассейна Кубани повышается от 30 мг/л в верховьях до 300 мг/л в среднем течении реки, затем снижается в устье до 150–250 мг/л. Наиболее низкие значения минерализации характерны для весеннего половодья. На значительной территории бассейна доминируют гидрокарбонатные кальциевые воды. Для верховьев р. Кубани характерно повышенные концентрации в поверхностных водах сульфатов, уровни которых могут превышать ПДК<sub>рх</sub>. Для отдельных участков р. Кубани и для некоторых ее притоков наблюдаются повышенные (до 0,5–0,8 ПДК<sub>рх</sub>) концентрации ионов кальция и (очень редко) ионов магния.

Поверхностные воды в пределах данного бассейнового округа отличаются природными повышенными и (в реках Теберда, Уруп, Псекупс) высокими (выше нормативов) содержа-

ниями органических веществ (по значениям ХПК и перманганатной окисляемости – ПО). Для вод р. Белой характерны высокие концентрации (выше ПДК) легкоокисляемых ОВ (по БПК<sub>5</sub>). Содержание фосфатов во всех реках бассейнового округа изменяются от 0,001 до 0,074 мгР/л (т. е. максимальные значения превышают ПДК<sub>рх</sub>), кремния – от 0,7 до 14,9 мг/л (максимальные значения выше ПДК<sub>хп</sub>). Исследованиями в пределах эталонных (фоновых) участков гидросети установлено, что фоновые содержания марганца и меди (для всех рек), железа (для большинства рек), цинка (для ряда рек) превышают ПДК<sub>рх</sub>. Кроме того, фоновые концентрации БПК<sub>5</sub>, аммонийного азота, нефтепродуктов в воде р. Белой превышают значения ПДК<sub>рх</sub>. В ряде случаев отмечены содержания нитритов, приближающиеся к уровню ПДК<sub>рх</sub>. Обращают также на себя внимание достаточно высокие содержания общего фосфора в воде многих рек.

Поверхностные воды бассейна Азовского моря в пределах междуречья Кубани и Дона отличаются высокой минерализацией (1,3–5,6 г/л) и сульфатно-натриевым составом (концентрации сульфатов в речных водах достигают 0,7–2,6 г/л, хлоридов – 0,9 г/л, Na+К – 238–1130 мг/л). Это всецело обусловлено природным фактором – выщелачиванием солей из засоленных сульфатами четвертичных отложений, слагающих водосборы рек. Как уже отмечалось, оценку состояния водных объектов, состав воды которых в природных условиях изначально имеет сульфатный или хлоридный характер (при минерализации всегда заметно больше 1 г/л), следует осуществлять на основании специально для них разработанных нормативов.

**Западно-Каспийский бассейновый округ.** В поверхностных водах в пределах территории на юг от бассейна Терека до Государственной границы РФ повышенные концентрации сульфатов, магния, марганца, железа и высокие значения жесткости явно обусловлены природными факторами. Кроме того, в пределах данной части БО распространены реки с природно обусловленным сульфатным классом воды и высокой (> 1 г/л) минерализацией. В поверхностных водах междуречья Терека и Волги повышенные и высокие концентрации главных ионов и некоторых химических элементов (марганец, фосфаты) обусловлены природными факторами. Для речных вод практически всей территории бассейна Терека характерны природные концентрации алюминия, железа, меди и марганца, превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. В воде некоторых рек отмечается превышение нормативных значений молибденом, вольфрамом, сульфатами, магнием, натрием, кальцием, нитратами, фосфатами, органическими веществами (по ХПК и ПО), кремнием. Расчетные фоновые концентрации Fe, Al, Cu, Mn, иногда фосфатов, сульфатов и вольфрама (для Баксана) также превышает существующие ПДК<sub>рх</sub>.

В бессточных районах междуречья Терека, Дона и Волги большая часть водных объектов характеризуется водой хлоридно-натриевого или (в несколько меньшей степени) сульфатно-натриевого состава и очень высокой минерализацией (соответственно, высокими уровнями главных ионов, обычно выше существующих нормативов), что является следствием природных условий их формирования. Поверхностные (и подземные) воды отличаются также повышенными концентрациями ряда химических элементов, что, безусловно, также отражает природную специфику данного региона.

**Верхневолжский бассейновый округ.** В пределах территории БО расположены водные объекты, характеризующиеся заметным разнообразием гидрохимических параметров воды. Тем не менее минерализация и распределение главных ионов в речных водах его большей части не выходят за пределы существующих нормативных величин. В районах развития карстовых процессов минерализация речных вод во все сезоны года превышает 1 г/л и отличается высокими (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрация сульфатов, магния и кальция (например, р. Пьяна). Повышенной минерализацией и высокими концентрациями сульфатов и хлоридов отличаются также реки, в долинах которых имеются источники хлоридно-сульфатных минеральных вод (например, р. Солоница). Некоторые малые реки болотных территорий обладают водой с рН менее 6,5.

Поверхностные воды на большей части данного бассейнового округа характеризуются природными содержаниями органических веществ (по ХПК, ПО и БПК<sub>5</sub>), приближающимися и (в большинстве случаев) превышающими существующие нормативы. Наибольшие значения указанных показателей для многих водных объектов отмечаются в период весеннего половодья и летне-осенних паводков. Есть все основания считать, что здесь природные (фоновые) уровни фенолов в природных поверхностных водах также превышают ПДК<sub>рх</sub>, а природные содержания нефтепродуктов в ряде регионов приближаются к указанному нормативу.

Характерной природной особенностью речных вод БО является практически повсеместное высокое фоновое содержание (выше ПДК<sub>рх</sub>, нередко существенно) в них общего железа, меди, марганца, цинка, фосфатов (особенно зимой), в некоторых случаях – аммонийного азота и нитритов. Обычно наибольшее количество NO<sub>2</sub><sup>-</sup> наблюдается в конце зимней межени, а наименьшее – соответствует периоду летней межени.

Большинство озер территории БО являются проточными с различной степенью обмена водной массы в течение года и по условиям питания мало отличаются от речных вод, что определяет близость их солевого состава к речным водам. На отдельных водоемах в летний период наблюдается преобладание сульфатов от хорошо до неявно выраженного (например, озера Алатырско-Горьковского карстового района).

Для сточных озер лесной зоны характерны воды с очень малой и малой минерализацией, низкой концентрацией главных ионов (на один-два порядка ниже ПДК<sub>рх</sub>) и высоким содержанием растворенных органических веществ. Воды указанных озер отличаются также низкими значениями рН (4,2–6,5), очень высокими концентрациями железа (существенно выше ПДК<sub>рх</sub>) и (иногда) концентрации аммонийного азота и фосфатов, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Все это отражает высокую степень заболоченности водосборов, наличие в их пределах мощных торфяников, изолирующих озера от подстилающих горных пород, и высокую проницаемость верхнего слоя почв.

Для фоновых (природных) озерных вод рассматриваемого БО характерны стабильно высокие (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации железа, марганца, в отдельные сезоны года – аммонийного азота и фосфатов.

Оценка региональных средних содержаний химических элементов в подземных водах различных ландшафтов провинции умеренновлажного климата свидетельствует о повышенном содержании в них целого ряда химических элементов и соединений, уровни которых превышают ПДК<sub>рх</sub> (нитриты, аммонийный азот, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Hg, в водах смешанно-лесных ландшафтов – Mo, V).

**Окский бассейновый округ.** По химическому составу вод водотоки рассматриваемой территории относятся к валдайскому подтипу рек с преобладанием кальция в катионном составе (иногда магния, очень редко натрия, что зависит от гидрологического сезона) и гидрокарбонат-иона среди анионов, т. е. к гидрокарбонатному классу кальциевой (реже магниевой) группы с минерализацией (в меженный период) воды порядка 300–400 мг/л. Общий химический состав воды рек Окского бассейна укладывается в известные региональные гидрохимические параметры и существующие нормативы. Исключение составляют реки карстовых районов, где формируются речные воды с высокой минерализацией (более 1 г/л) и концентрациями сульфатов, кальция и магния, превышающими ПДК<sub>рх</sub> (например, бассейны рек Тешы, Упы, Цны).

Для поверхностных вод БО характерны повышенные содержания растворенных органических веществ, характеристики которых (цветность, ПО, БПК<sub>5</sub>, ХПК) часто превышают существующие нормативы. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что в поверхностных водах рассматриваемого региона природные (фоновые) уровни нитритов, фосфатов, аммонийного азота, ванадия, марганца, железа, меди, цинка, ртути и, возможно, молибдена превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>. Максимальные фоновые концентрации кремния в речных водах могут превышать ПДК<sub>хп</sub>.

Для сточных озер лесной зоны данного БО характерны воды с очень малой минерализацией, низкой концентрацией главных ионов (на один-два порядка ниже ПДК<sub>рх</sub>) и высоким содержанием растворенных органических веществ (значения ПО и ХПК превышают существующие нормативы). Воды указанных озер отличаются концентрациями аммонийного азота, меди, цинка, марганца, железа и ртути, которые превышают (нередко существенно) ПДК<sub>рх</sub> во всей водной озерной массе. Это является отражением поступления в озеро богатых гумусовыми веществами болотных вод и поверхностно-почвенных вод с территории окружающих лесов.

Оценка региональных средних содержаний химических элементов в подземных водах различных ландшафтов провинции умеренновлажного климата свидетельствует о повышенном содержании в них целого ряда химических элементов и соединений, уровни которых превышают ПДК<sub>рх</sub> (нитриты, аммонийный азот, Fe, Al, Mn, Zn, Cu, Hg, в водах смешанно-лесных ландшафтов – Mo, V).

**Камский бассейновый округ.** По химическому составу речные воды данного БО в основном относятся к гидрокарбонатному классу кальциевого типа с «нормальной» минерализацией и содержаниями главных ионов, не выходящих за нормативные пределы. Повышенной и высокой минерализацией (до 1000–1500 мг/л, иногда больше) отличаются воды карстовых рек (особенно в районах развития гипсового и соляного карста), нередко имеющие сульфатный характер. К таким водотокам, например, относятся реки бассейна Сылвы (Барда, Ирень, Кишертка и др.), бассейна Яйвы, бассейна Чусовой (Лысьва), бассейна Косьвы, бассейна Белой (Дёма, Бирь, Быстрый Танып, Тюй, Бирь и др.), бассейна Вишерки и др. Воды этих рек отличаются также высокими концентрациями сульфатов, кальция, магния, часто превышающих уровень ПДК<sub>рх</sub>. Водотоки южных засушливых районов территории БО также могут характеризоваться повышенной минерализацией воды и высокими концентрациями сульфатов.

Поверхностные водные объекты БО отличаются высокими природными содержаниями (выше нормативов) в воде органических веществ (по ХПК, ПО и БПК<sub>5</sub>) и, в ряде районов, фенолов. Имеющиеся данные указывают также на то, что природные концентрации нитритов (зимой и весной) и фосфатов могут превышать ПДК<sub>рх</sub>. Для большей части поверхностных вод рассматриваемой территории характерны повышенные (выше ПДК<sub>рх</sub>) содержания железа, что обусловлено влиянием болотных вод, наличием горных пород с высокими концентрациями железа, зон минерализации, месторождений и рудопроявлений железных руд. Для поверхностных вод БО отмечаются высокие (выше нормативов) концентрации меди, марганца и цинка, что обусловлено естественными условиями формирования их формирование, в первую очередь влиянием литолого-петрографического и минерального состава слагающих водосбор пород и почв, климатическими (достаточно высокая увлажненность) и металлогеническими (наличие разнообразных месторождений полезных ископаемых и в первую очередь рудных месторождения и рудопроявлений). Единичные сведения указывают на повышенные природные уровни в поверхностных водах алюминия, стронция и молибдена, концентрации которых достигают и даже превышают ПДК<sub>рх</sub>.

Химический состав вод озер, расположенных в пределах БО, разнообразен, что обусловлено сложностью структурно-геологического строения, гидрогеологических и общих физико-географических условий территории. В типичных зональных условиях формируются озера с маломинерализованными (100–200 мг/л) гидрокарбонатными кальциево-натриевыми водами. Достаточно широко распространены карстовые озера, которые отличаются высокой минерализацией воды (нередко > 1 г/л) и концентрациями в ней ионов кальция, магния и сульфатов, приближающимися к ПДК<sub>рх</sub> и превышающими их значения.

В ряде районов Башкортостана подземные воды отличаются высокими (выше нормативов) концентрациями Fe, Sr, Mn, значений минерализации и жесткости. Практически повсеместно в питьевых водах наблюдается недостаток J и F. В Предуралье в зоне свободного водообмена (в зоне гипергенеза) распространены гидрокарбонатные, сульфатно-гидрокарбонатные, сульфатные, гидрокарбонатно-хлоридные кальциевые подземные воды с

минерализация от 300 до 10000 мг/л, в которых установлены высокие содержания Al, V, Fe, Ni, Cu, Zn стабильно превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. Установленные максимальные концентрации Al, Si, Ti, V, Mn, Pb, Mo также превышают существующие нормативы. Родниковые воды Татарстана, развитые в пределах распространения сульфатных пород (гипсы), отличаются высокой минерализацией (от 1 до 2,5 г/л), высокими концентрациями сульфатов и магния, которые зачастую превосходят нормативные значения.

**Нижеволжский бассейновый округ.** Здесь многие реки отличаются гидрокарбонатной кальциевой водой со средней и чаще всего с повышенной минерализацией. Для целого ряда рек рассматриваемой территории (особенно ниже Куйбышевского водохранилища) характерно формирование вод повышенной минерализации при соответственном увеличении относительного содержания сульфатных ионов, удельные концентрации которых (наряду с магнием) превышают ПДК<sub>рх</sub>, что в основном характерно для рек карстовых районов (Свияга и ее притоки, Б. Черемшан, Чапаевка и др., водотоки Жигулей) и для водотоков южной и юго-восточной части территории, особенно в пределах прикаспийских равнин, где развиты солонцеватые черноземы, светло-каштановые солонцеватые почвы и солонцы, а грунтовые воды залегают в линзах песка и супесей среди толщи глины на глубине 0–5 м на равнине и от 0 до 20 м на участках эоловыми формами рельефа, отличаются высокой минерализацией (до 3–100 г/л) и имеют хлоридный и сульфатный характер.

В южных районах БО распространены озера, вода которых имеет минерализацию свыше 1 г/л. Воды минеральных озер имеют различный химический состав, в районе Прикаспийской синеклизы озера по составу хлоридные натриевые (оз. Баскунчак), магниевые (оз. Эльтон) с минерализацией до 300 г/л и более.

Имеющиеся данные указывают на то, что для поверхностных вод территории данного БО в целом характерны природные содержания меди, железа и марганца, превышающие ПДК<sub>рх</sub>.

Оценочные расчеты так называемых региональных допустимых концентраций (РДК для Нижней Волги) свидетельствуют о том, что природные содержания хлоридов, сульфатов, аммонийного азота, нитритов, органических вещества (по БПК<sub>5</sub> и ХПК), меди и цинка превышают их ПДК<sub>рх</sub>.

**Уральский бассейновый округ.** Речные воды в пределах западного участка данного БО в многоводные годы при минерализации 100–300 мг/л характеризуется преобладанием гидрокарбонатов и ионов кальция. В маловодные годы она отличается более высокой минерализацией (200–500 мг/л) и преобладанием хлоридов и натрия. В летнюю и зимнюю межень при минимальных расходах минерализация воды существенно возрастает. Имеющиеся данные не позволяют в полной мере охарактеризовать особенности природного распределения в поверхностных водах данного региона различных химических элементов и их соединений. Можно предположить, что речные воды здесь отличаются повышенными природными содержаниями хлоридов и железа. В бассейне р. Урала формируются преимущественно гидрокарбонатные воды, которые в течение всего года отличаются минерализацией не более 500 мг/л, часто в пределах 50–150 мг/л). Весной отмечается некоторое повышение содержания сульфатов. В случае развития в пределах водосборов типичных черноземов минерализация речных вод в течение года изменяется в пределах от 100 до 450 мг/л. В воде рек, дренирующих районы распространения солонцово-солончаковые почвенных комплексов вместе с солонцеватыми чернозёмами, природные концентрации сульфатов и хлоридов превышают ПДК<sub>рх</sub>.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что воды водотоков бассейна р. Урала в целом отличаются повышенными концентрациями органических веществ (по значениям ХПК и ПО), превышающими существующие нормативы. Наблюдаемые максимальные природные концентрации нитритов и фосфатов в воде многих водных объектов превышают ПДК<sub>рх</sub>. Наличие в пределах восточного участка Уральского БО природных геохимических аномалий, связанных с месторождениями рудных полезных ископаемых, рудопроявлениями и зонами минерализации, обусловило формирование повышенного природного (фонового)

содержания металлов (Cu, Zn, Fe, Mn) и сульфатов в поверхностных водах, уровни которых превышают ПДК<sub>рх</sub>. Концентрации Fe<sub>общ</sub> в поверхностных (особенно речных) водах на значительной части данной территории достаточно стабильно находятся на уровне указанного норматива и часто заметно превышают его.

По химическому составу воды пресные озера восточного участка Уральского БО разделяются на две подгруппы. Вода озёр, приуроченных к верхнему течению р. Урал, характеризуется гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом; минерализация её обычно не более 0,46 г/л. Озёра второй подгруппы (Карагайское, Култубан, Чебачье и др.) имеют более сложный катионный состав: магниевый-натриевый, кальциево-натриево-магниевый, натриево-магниевый-кальциевый, а минерализация их воды несколько повышена (до 0,65–0,77 г/л). Особую группу составляют солоноватые и солёные озера (Мулдаккуль, Атавды, Юж. Улянды, Сухое), которые имеют хлоридный, хлоридно-гидрокарбонатный, сульфатно-гидрокарбонатно-хлоридный состав воды, минерализация их воды колеблется от 2,2 до 23,5 г/л. Многие озера с минерализацией порядка 1–4 мг/л и концентрациями сульфатов, хлоридов, магния, натрия и калия часто существенно выше ПДК<sub>рх</sub> являются высокопроизводительными рыбопромысловыми водоемами. Для воды многих озёр, особенно горнорудных районов, характерны высокие (часто выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации Cu и Zn, иногда других металлов.

Региональная оценка среднего химического состава подземных вод аридной зоны Южного Урала и Зауралья свидетельствует о том, что природные содержания в них сульфатов, хлоридов, натрия, калия, магния, марганца, цинка, меди, молибдена, ванадия заметно выше ПДК<sub>рх</sub>. Подземные воды характеризуются высокой минерализацией. С другой стороны, обращают на себя внимание очень низкие (на один-два порядка ниже ПДК) концентрации бора, бария, иода, хрома, рубидия, цезия.

**Верхнеобский бассейновый округ.** Речные воды территории БО, имеющие преимущественно выраженный гидрокарбонатный кальциевый характер, в основном характеризуются малой (100–200 мг/л) и средней (200–500 мг/л) минерализацией, в высокогорных районах (особенно в период весенне-летнего половодья) они обладают очень малой минерализацией (< 100 мг/л), что в существенной мере обусловлено притоком талых вод высокогорных снегов и ледников. В меженный период минерализация вод заметно увеличивается (до 700 мг/л в равнинных реках и до 300–400 в горных реках). По величине рН речные воды обычно относятся к категориям от слабокислых до нейтральных. Общая жесткость поверхностных вод в целом изменяется от 1 до 19,6 мг-экв/л; наиболее часто встречаются воды средней жесткости (3–6 мг-экв/л) и жесткие (6–9 мг-экв/л).

В левобережных притоках р. Оби (Шегарка, Чая, Парабель), в бассейнах которых обнаруживаются породы неогена, представленные глинами с известняковыми конкрециями, железисто-марганцевыми включениями и гипсом, минерализация вод может превышать 900 мг/л. В районах распространения черноземов обыкновенных, выщелочных и солонцеватых формируются преимущественно речные воды повышенной минерализации, имеющие неявно выраженный хлоридно-натриевый характер. Реки бессточного соленого оз. Чаны имеют воду высокой минерализации с повышенными концентрациями сульфатов, магния, натрия и калия.

На большей части территории БО поверхностные воды отличаются повышенными и высокими содержаниями органических веществ, причем средние и особенно максимальные значения показателей ХПК, ПО и БПК<sub>5</sub> обычно превышают существующие нормативы. Для многих территорий в поверхностных водах наблюдаются высокие (на уровне или выше ПДК<sub>рх</sub>) природные концентрации фенолов и нефтепродуктов (веществ, идентифицируемых как нефтяные углеводороды), а также аммонийного азота, нитритов и фосфатов. В речных водах Алтая природные концентрации железа, меди и цинка практически во всех реках превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. Во многих реках фиксируются содержания никеля и ванадия, превышающие указанный норматив. В воде некоторых рек отмечаются аномальные концентрации ванадия. В речных водах бассейна р. Катунь концентрации общего железа, ртути, ме-

ди, цинка и алюминия стабильно превышают установленные ПДК<sub>рх</sub>. Имеющиеся многочисленные сведения позволяют с высокой степенью достоверности утверждать, что в речных водах равнинной части БО природные концентрации железа, марганца, меди, алюминия и (часто) ртути превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>.

Минерализация воды озер Горного Алтая не превышает 100 мг/л (обычно 60–90 мг/л), а природные (фоновые) концентрации (особенно максимальные) Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Hg в озерной воде превышают ПДК для вод рыбохозяйственных водоемов, что отражает геохимическую специализацию геологических образований, развитых на водосборных площадях. В водах (обычно очень малой, реже малой минерализации) озер равнинной части БО, химический состав которых отражает влияние преимущественно природных факторов, постоянно фиксируются превышения установленных нормативов качества воды в объектах рыбохозяйственного назначения по pH (обычно характерна слабокислая среда), содержанию  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ , Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Hg, органических веществ (по ХПК, ПО и БПК<sub>5</sub>), фенолов, веществ, идентифицируемых как нефтяные углеводороды.

Вода в основных рыбохозяйственных водоемах Новосибирской области по своему ионному составу (содержанию главных ионов и минерализации) соответствует требованиям, необходимым для нагула и размножения аборигенной ихтиофауны, а также для товарного выращивания перспективных рыбоводных объектов (сазан, карп, пелядь, белый амур, толстолобик), но полностью не отвечает требованиям ПДК<sub>рх</sub>.

Воды многих болот БО, являющиеся источниками питания водных объектов, отличаются малой или (реже) средней минерализацией и содержат большое (выше существующих нормативов и ПДК<sub>рх</sub>) количество органических веществ (по ХПК и БПК<sub>5</sub>), фенолов, аммонийного азота, нитритов, фосфатов, железа, марганца, меди, цинка, иногда нефтепродуктов, ртути.

В подземных водах Колывань-Томской складчатой зоны средние концентрации железа, марганца, цинка, меди, ртути практически во всех водовмещающих породах и во всех ландшафтах заметно превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>. В некоторых случаях превышения нормативов наблюдаются для ванадия, аммонийного азота, нитритов и магния. В подземных водах горных областей фиксируются превышения ПДК<sub>рх</sub> для нитритов, железа, алюминия, марганца, цинка, меди и ртути, для территории Алтая – бериллия, для лесостепных районов Салаира – аммонийного азота. В то же время в подземных водах всех указанных территорий наблюдаются очень низкие концентрации (на один-два порядка ниже ПДК<sub>рх</sub>) бария, титана, хрома, циркония, олова. На территории Алтайского края ряд районов характеризуется природный состав подземных вод высокой минерализацией (сухой остаток 1100–1800 мг/л), высокими концентрациями хлоридов (300–400 мг/л), сульфатов (400–700 мг/л), железа (0,7 – 2,0 мг/л), высокой жесткостью (9–15 мг/л)

**Иртышский бассейновый округ.** Минерализация воды в р. Иртыше колеблется в зависимости от сезона от 136 до 253 мг/л в половодье до 300–324 мг/л в зимний период, увеличиваясь по длине реки с юга на север до Усть-Ишима, за пределами Омской области несколько снижается до впадения в р. Обь. Солевой состав вод р. Иртыша преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, реже натриевый. Наличие в бассейне Нижнего Иртыша и в юго-восточной части бассейна Тобола ( в полуаридных районах) разной степени засоленности почв определяет высокую природную минерализацию (больше 1 г/л) и сульфатно-натриевый или хлоридно-натриевый состав вод целого ряда рек. Уровни природного содержания в воде таких рек сульфатов, хлоридов, натрия, калия, магния заметно превышают ПДК<sub>рх</sub>. На формирование химического состава многих рек бассейна Тобола большое влияние оказывают карстовые явления (Сосьва, Реж, Увелька, Нейва, Пышма, Миасс, Синара, Теча и их притоки), вода которых на отдельных участках (включая р. Тобол) может отличаться повышенной и даже высокой минерализацией и концентрациями главных ионов, превышающими нормативы.

Вода рек лесной территории рассматриваемого БО характеризуется содержаниями органических веществ (по значениям ХПК и ПО), практически во все сезона постоянно превы-



шающими существующие нормативы. Природные концентрации нитритов и фосфатов могут превышать ПДК<sub>рх</sub> в воде рек, питающихся болотными водами.

Оценка фоновых (природных) концентраций в речных водах железа, марганца, меди, нефтепродуктов и фенолов свидетельствует о том, что они даль большей части водотоков находятся на уровне или превышают ПДК<sub>рх</sub>. Для некоторых рек фоновые концентрации аммонийного азота и цинка в воде достигают или превышают установленный норматив.

Природная минерализация воды озер территории БО колеблется в весьма широких пределах и имеет тенденцию к увеличению от лесной к степной (полуаридной) зоне, где распространены озера с минерализованной водой (минеральные озера). Вода озер с повышенной и высокой минерализацией отличается концентрациями главных ионов, превышающими ПДК<sub>рх</sub>. Как уже отмечалось, для оценки состояния (качества воды) подобных водных объектов должны быть разработаны специальные нормативы и показатели. Природные концентрации органических веществ (по ХПК и, в меньшей степени, по значению перманганатной окисляемости), железа, марганца, меди, аммонийного азота в воде озер (с минерализацией до 1 г/л) лесостепных районов превышают существующие нормативы ПДК<sub>рх</sub>. Вода некоторых из таких озер отличается высокими (выше нормативов ПДК<sub>рх</sub>) природными уровнями натрия и калия.

**Нижнеобский бассейновый округ.** Особенности почвенного и растительного покрова в пределах большей части БО определяют формирование здесь поверхностных вод гидрокарбонато-натриево-кальциевого характера преимущественно с малой (100–200 мг/л) и (реже) средней (200–300 мг/л) минерализацией и с высоким содержанием органических веществ. На состав воды рек тундры и лесотундры оказывает влияние вечная мерзлота, что обуславливает их очень малую минерализацию (от 10–20 до 80–90 мг/л в течение практически всего года). Для большинства рек минимальные значения минерализации воды (9–20 мг/л) наблюдаются во время весенних половодий, максимальные (60–73 мг/л) – в меженные периоды. Вода большинства рек является нейтральной или слабнокислой (рН = 5,7–6,8). Для р. Оби в нижнем течении характерны маломинерализованные (127 мг/л), нейтральные и слабнокислые (рН = 6,4–7,0), мягкие (1–3 градуса жесткости) воды гидрокарбонатно-кальциевого состава, с высоким содержанием органического вещества (цветность 65 град., ХПК 22 мгО/л). Для подавляющего большинства водных объектов характерны концентрации главных ионов на один-два порядка ниже ПДК<sub>рх</sub>.

На подавляющей части территории Округа поверхностные (речные и озерные) воды характеризуются содержаниями органических веществ (по ХПК, БПК<sub>5</sub>, ПО, цветности), достаточно стабильно превышающими нормативы ПДК<sub>рх</sub>. Имеющиеся данные указывают на высокие природные концентрации в поверхностных водах фенолов и нефтепродуктов, уровни которых очень часто (на протяжении практически всего года) достигают и превышают ПДК<sub>рх</sub>.

Своеобразие климатических условий, специфика почвенного и растительного покрова, наличие болот и многолетнемерзлых пород определяют на значительной части территории (можно считать, очевидно, что на всей) БО природные концентрации целого ряда химических элементов и соединений в поверхностных водах, достаточно стабильно превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Это, прежде всего, аммонийный азот, фосфаты, общее железо, медь, цинк, марганец, алюминий, нередко ртуть. Обращают на себя внимание достаточно высокие концентрации хрома, никеля и (иногда) свинца в речных водах, что может быть обусловлено природными факторами, но требует проверки. Природные воды восточного склона Полярного Урала отличаются накоплением в растворе поверхностных вод таких элементов-гидролизатов, как Fe, Mn, Al, Ni, Co, которые здесь достигают значительных концентраций, часто превышающих ПДК<sub>рх</sub>. Концентрации кремния в речных водах в зимнюю межень достигают уровня ПДК<sub>хп</sub>.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что воды озер БО в природных условиях характеризуются в основном кислой реакцией, а также природными содержаниями алюминия, железа, марганца и часто цинка, превышающими ПДК<sub>рх</sub>. Для озерных вод п-ова Ямал, кроме того, характерны природные концентрации ОВ (по ПО и БПК<sub>5</sub>), превышающие суще-

ствующие нормативы. Для воды озер тундры, лесотундры и средней тайги фиксируются природные концентрации свинца, превышающие ПДК<sub>рх</sub>, для озерных вод тундры, лесотундры и северной тайги – природные концентрации нефтепродуктов, превышающие указанный норматив.

**Ангаро-Байкальский бассейновый округ.** Формирование химического состава воды и гидрохимический режим рек, впадающих в оз. Байкал происходит в основном среди слабо выщелачиваемых изверженных или метаморфических пород архея и протерозоя, что определяет чаще всего очень малую (50–100 мг/л) и малую (100–200 мг/л) минерализацию речных вод и гидрокарбонатный кальциевый состав последних. В свою очередь, данный факт обуславливает очень малую минерализацию воды оз. Байкал (45–85 мг/л) и вытекающей из него р. Ангары (в истоке не более 97 мг/л). Содержания главных ионов на один-два порядка меньше ПДК<sub>рх</sub>. Наличие в пределах водосбора некоторых рек (особенно Приангарья – например, р. Куда) осадочных пород, содержащих гипсы и поваренную соль, обуславливает формирование в реках вод повышенной и высокой минерализацией и концентрациями сульфатов, кальция и магния выше ПДК<sub>рх</sub>.

В очень маломинерализованных водах оз. Байкал концентрации алюминия и меди не превышают ПДК<sub>рх</sub>, а концентрации молибдена, никеля и ванадия составляют 0,5–0,9 долей от соответствующих нормативных значений.

Имеющиеся данные позволяют считать, что для поверхностных вод рассматриваемого региона характерны природные содержания органических веществ (по величине ХПК, БПК<sub>5</sub>, ПО), фенолов и (иногда) нефтепродуктов, уровни которых достигают и даже превышают существующие нормативы на значительной его территории.

Для поверхностных вод большей части бассейна р. Ангары характерны повышенные природные концентрации железа, меди, марганца, иногда цинка, аммонийного азота, нитритов, фосфатов.

В зонах влияния рудных месторождений Забайкалья в воде водных объектов формируются достаточно протяженные и значительные по площади природные геохимические аномалии, отличающихся высокими содержаниями химических элементов и соединений, уровни которых превышают ПДК<sub>рх</sub> (вольфрам, молибден, фтор, медь, цинк, сульфаты, железо, свинец, ванадий и др.) или приближаются к ним (кальций и др.). Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что концентрации меди и цинка в речных и озерных водах Забайкалья стабильно превышают уровень ПДК<sub>рх</sub>. Не исключено, что такой особенностью могут отличаться и другие химические элементы.

**Енисейский бассейновый округ.** Большая часть поверхностных вод Енисейского бассейнового округа, включая воды р. Енисей, характеризуется минерализацией 90–160 мг/л в летне-осеннюю межень и 110–230 мг/л в зимнюю межень. Водотоки южной части территории характеризуются в целом более высокой минерализацией воды (до 300–500 мг/л). Водотоки самой северной части округа отличаются водой с очень малой минерализацией (нередко до 50 мг/л в летне-осеннюю межень). В реках, бассейны которых расположены в котловинах с засоленными почвами, минерализация воды увеличивается до 800–950 мг/л (не исключено, что на отдельных участках выше), а концентрации сульфатов и магния превышают уровень ПДК<sub>рх</sub> (реки Биря, Ерба и др.). Особенности химического состава поверхностных вод и его пространственная неоднородность во многом обусловлены сложностью и разнообразием геологического строения водосборных территорий. Так, бассейн р. Нижней Тунгуски, особенно в пределах Катанского района, имеет сложное геологическое строение, что определяет высокую пространственную изменчивость состава речных вод. Минерализация вод здесь варьируется от 300 до 1400 мг/л, что связано с выходами грунтовых вод на дневную поверхность, разгрузкой рассолов и соленых вод (в том числе, выходящих на дневную поверхность грунтовых вод, промывающих Непский свод калийных солей). Все это определяет высокие (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации в воде натрия, хлоридов, сульфатов и соответственно повышенную и высокую минерализацию речных вод.

Значения показателя ХПК в речных водах изменяется в пределах рассматриваемой территории от 2 до 69 мгО/л, перманганатной окисляемости – от 1 до 42 мгО/л, т. е. максимальные значения превышают нормативные величины. Воды с повышенными и высокими концентрациями органических веществ характерны главным образом для заболоченных бассейнов рек Западно-Сибирской низменности (реки Ка, Кемь, Сым, Елогуй, Турухан), некоторых облесенных водосборов рек Среднесибирского плоскогорья (бассейны Подкаменной Тунгуски и Нижней Тунгуски), Минусинской котловины (Минусинка, Биря и др.). Внутригодовой ход распределения этих величин характеризуется ясно выраженным максимумом в период прохождения весеннего половодья и обильных летне-осенних паводков. В период устойчивой низкой межени с уменьшением поверхностного и увеличением грунтового питания рек окисляемость достигает минимальной величины. В реках Минусинской котловины концентрации нитритов могут превышать ПДК<sub>рх</sub>. Концентрации аммонийного азота в период весеннего половодья могут превышать ПДК<sub>рх</sub>.

Содержание общего железа в речных водах территории Енисейского бассейнового округа в течение года изменяется от 0,01 до 1,28 мг/л, при этом наибольшие его концентрации (0,50–1,28 мг/л, т. е. существенно выше ПДК<sub>рх</sub>) характерны для заболоченных водосборов рек Западно-Сибирской низменности (Белая, Кемь, Кас, Сым, Елогуй, Турухан), особенно в зимний период. Концентрации порядка 2–2,5 мг/л наблюдаются в воде рек Каса, Малого Каса. Вода Енисей в среднем течении характеризуются концентрациями железа в основном около и выше ПДК<sub>рх</sub> (0,09 – 0,17 мг/л), а в районе г. Игарки увеличивается до 0,35–0,51 мг/л (т. е. заметно выше ПДК<sub>рх</sub>).

В водах рек бассейна Пясины природные концентрации органических веществ (по БПК<sub>5</sub>), азота аммонийного, нитритов, фосфатов, общего железа, меди, никеля, цинка, нефтепродуктов и фенолов могут превышать ПДК<sub>рх</sub>. В водах рек Приенисейского Заполярья природные концентрации меди стабильно и заметно превышают ПДК<sub>рх</sub>. Имеются оценки, согласно которыми в водах р. Нижней Таймыры фоновые (природные) концентрации аммонийного азота, фосфатов, алюминия, железа общего, меди и ОВ (по БПК<sub>полн</sub>) находятся на уровне ПДК<sub>рх</sub>. Аналогичная оценка для р. Енисей указывает на то, что так называемые природные показатели качества его вод, полученные для железа, марганца, цинка, меди, фенолов и нефтепродуктов, превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>.

На территории Енисейского БО находится большое количество озер, в которых встречаются самые различные по степени минерализации воды (пресные, солоноватые, соляные) и химическому составу (гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные). В северной части территории Округа в условиях избыточной увлажненности, как правило, распространены пресные озера. В верхней и средней части бассейна р. Енисей в различных физико-географических условиях формируются озерные воды разного химического состава. Наряду с пресными здесь встречаются солоноватые и соляные озера (карбонатно-натриевые, сульфатно-натриевые, хлоридно-натриевые). Пресные озера обычно являются проточными или сточными, реже бессточными. Основное наполнение озерных котловин осуществляется маломинерализованными снеговыми водами в период весеннего половодья. В таких озерах обычно формируются воды малой и средней минерализации с преобладанием гидрокарбонатных, реже сульфатных или хлоридных ионов. В общем случае воды пресных озер по минерализации и химическому составу мало отличаются от вод местного стока. Минерализация воды пресных озер (Чагытай, Красное, Ойское, Тиберкуль, Някшингда, Советское, Мелкое, Лама, Глубокое, Кета, Кыллах-Кюель) составляет 19–542 мг/л. Резких сезонных колебаний минерализации не наблюдается.

В верхней части бассейна р. Енисей встречаются пресные озера, имеющие хлоридную натриевую воду (Мешкен-Куль). Пресные озерные воды достаточно насыщены кислородом (63–125%). Удельное содержание кислорода составляет 8,54–11,90 мгО<sub>2</sub>/л. Величина рН воды колеблется от 6,8 до 9,2. Для озер северной части бассейна характерны наименьшие значения рН (6,88–7,35). Количество железа составляет 0,00–0,40 мг/л (т. е. может превышать

ПДК<sub>рх</sub>). Величина перманганатной окисляемости колеблется в пределах 1,9–26,5 мгО<sub>2</sub>/л (т. е. может превышать ПДК<sub>рх</sub>).

В озерных водах бассейна р. Пясины природные концентрации общего железа, меди, нефтепродуктов и фенолов могут превышать ПДК<sub>рх</sub>. В водах озер Приенисейского Заполярья природные концентрации меди стабильно и заметно превышают ПДК<sub>рх</sub>.

В подземных вод зоны интенсивного водообмена провинции с развитием многолетней мерзлоты в пределах Сибирской платформы уровни железа, алюминия, марганца, меди и ванадия, в в тех же водах Енисейского края уровни железа, алюминия и (практически) меди превышают ПДК<sub>рх</sub>.

В подземных водах Канско-Тасеевской впадины отмечаются высокие (по сравнению с существующими нормативами) концентрации нитритов, аммонийного азота, кремния, железа, стронция, брома, марганца, цинка, меди, ванадия. В подземных водах Назаровской и Рыбинской впадин для вод зоны выщелачивания характерны повышенные содержания марганца, цинка, меди, молибдена и ванадия, для вод зоны континентального засоления – вполне закономерная высокая минерализация и повышенные концентрации ранее указанных химических элементов.

В подземных водах зоны выщелачивания Рыбинской впадины отмечаются повышенные концентрации аммонийного азота, железа, марганца, цинка, меди, ванадия. В подземных водах Тувинской межгорной впадины отмечаются повышенные (больше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации железа, алюминия, стронция, марганца, меди, ванадия. В подземных водах Саянских гор фиксируются повышенные (выше ПДК<sub>рх</sub>) концентрации железа, алюминия, марганца, цинка, меди и ванадия. Таким образом, подземные воды являются потенциальными источниками повышенной поставки в поверхностные водные объекты достаточно широкой группы химических элементов. В то же время обращают на себя внимание содержания в подземных водах целого ряда элементов, которые существенно (на порядок и более) ниже ПДК<sub>рх</sub> (свинец, титан, хром, барий, мышьяк, олово, кадмий, кобальт).

**Ленский бассейновый округ.** Значительное разнообразие природных условий на водосборе р. Лены обуславливает неоднородность химического состава ее воды на различных участках. В геологическом строении бассейна верхнего течения р. Лены принимают участие породы различного состава, из которых наиболее существенное влияние на формирование химического состава воды оказывают карбонатные (известняки, доломиты и др.), сульфатные (гипсы, ангидриты) и галогенные (каменная соль) породы. Благодаря наличию тектонических нарушений в районе и значительной закарстованности перечисленных пород в бассейне верхнего течения р. Лены отмечаются многочисленные источники, выводящие на поверхность воды весьма различного химического состава и различной степени минерализации. Минерализация речных вод (в основном гидрокарбонатно-кальциевого, иногда сульфатно-кальциевого характера) в пределах БО в целом варьируется в пределах от менее 70–90 мг/л (чаще всего) до (реже) 400–500 мг/л. Невысокая минерализация вод предопределяет концентрации главных ионов существенно ниже существующих нормативов. В воде р. Лены наибольших значений минерализация достигает у г. Ленска, где колеблется от 130–190 до 825–1000 мг/л, что обусловлено влиянием притоков.

Для воды некоторых рек в силу геологического строения, наличия соляных пород, выходов минеральных источников и т. п. характерна высокая минерализация (более 1 г/л, иногда до 3 г/л и даже больше) и концентрации сульфатов, хлоридов, калия, натрия выше ПДК<sub>рх</sub>, а также высокие уровни кальция (близкие нормативу). Например, в бассейне Кемпендяя (Кэмпэндээйи) расположено месторождение каменной соли и связанные с ним выходы соляных источников. В бассейнах рек Нюя, Бирюк, Большой Черепанихи и других известны выходы сульфатных источников, в долинах рек Пеледуй и Намана – хлоридных источников и т. д. В этих реках формируются соответственно сульфатные кальциевые воды и хлоридные натриевые воды. Высокими концентрациями сульфатов отличаются воды некоторых притоков р. Вилюя. В некоторых реках (Анабар, Алдан, Алазея и др.) в отдельные периоды может наблюдаться слабокислая среда, в некоторых водотоках – слабощелочная среда.

Для подавляющей части речных вод БО природные концентрации органических веществ (по ХПК, ПО, цветности, редко по БПК<sub>5</sub>) практически повсеместно и в течение большей части года превышают существующие нормативы. Поверхностные воды многих районов БО обогащены фенолами (особенно растительного происхождения), концентрации которых могут превышать ПДК в 2–20 раз. Поступление фенолов обусловлено естественными особенностями биохимических процессов, а также сведением древесной растительности, разложением захороненных остатков древесины и т. п. Нередко повышенные уровни нефтепродуктов могут быть обусловлены наличием природных углеводов.

Природные концентрации фосфатов (особенно зимой), нитритов (особенно максимальные) и аммонийного азота в воде многих рек рассматриваемой территории превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>. Наблюдаемые максимальные содержания кремния в речных водах в период зимней межени превышают ПДК<sub>хп</sub>. Природные уровни железа общего в поверхностных водах практически на всей территории БО стабильно и нередко значительно превышают уровень ПДК<sub>рх</sub>. Установлено также, что для фоновых участков многих рек (ручьи и малые реки на участке бассейна р. Лены от г. Якутска до впадения р. Вилюй, Анабар, Оленек, Алдан с многочисленными притоками, Яна, Бытангай, Вилюй, Витим с многочисленными притоками, Олекма с многочисленными притоками) природные уровни меди, цинка, алюминия и марганца в речных водах превышают ПДК<sub>рх</sub>.

Минерализация воды оз. Тырка в период открытого водоема составляет 170–240 мг/л., в период ледостава – 700–1400 мг/л (за счет роста концентраций гидрокарбонат-иона и кальций-иона). Концентрации железа общего варьируются в пределах 0,07–0,38 мг/л (т. е. может превышать ПДК<sub>рх</sub>), значения перманганатной окисляемости изменяются в пределах – 16,9–31,6 мгО<sub>2</sub>/л (существенно выше норматива). Вода других озер (Большое Леприндо, Неджели, Чаингда и др.) характеризуются незначительной минерализацией, обычно не превышающей 100 мг/л. Встречаются и озера с более высокой минерализацией воды, например, Ытык-Кёль и Улахан-Кёль (270–460 и 140–1910 мг/л соответственно). В ионном составе воды преобладают гидрокарбонаты и кальций. Характерной особенностью большинства озер является незначительное содержание в их водах соединений азота и фосфора. В воде озер дельты р. Лена содержания легкоокисляемых органических веществ (по БПК<sub>5</sub>) обычно выше нормативных, а в воде некоторых озер установлены концентрации цинка и марганца, достигающие и даже превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Вода озер, расположенных в бассейне р. Алазеи, отличается очень малой (менее 100 мг/л) или малой (100–200 мг/л) минерализацией, содержанием органических веществ (по ХПК и показателю цветности) выше нормативов, а также концентрациями железа общего и азота аммонийного, превышающими ПДК<sub>рх</sub>.

**Анадыро-Колымский бассейновый округ.** Воды р. Колымы отличаются гидрокарбонатным кальциевым составом, очень малой минерализацией (44,8–93,3 мг/л) и соответственно концентрациями главных ионов существенно ниже (на один-три порядка) значений ПДК<sub>рх</sub>. Имеющиеся данные позволяют считать, что природные (фоновые) содержания общего железа, меди, фенолов, цинка и трудноокисляемых органических веществ (по ХПК) в речных водах рассматриваемой территории превышают существующие ПДК<sub>рх</sub>. Не исключено также, что в природных условиях в поверхностных водах присутствуют нефтяные углеводороды, которые при анализах интерпретируются как нефтепродукты.

Химический (солевой) состав речных вод п-ва Камчатки довольно однообразен. Речные воды здесь обладают в основном очень малой (меньше 100 мг/л, часто существенно меньше) и (очень редко) малой минерализацией (несколько больше 100 мг/л). Во время крупных извержений вулканов минерализация воды в окружающих пресных потоках может увеличиваться до 2,5 г/л, в течение года уменьшаясь до 1,1 г/л. Содержание общего железа, меди и цинка в поверхностных водах Камчатки, судя по имеющимся данным, достаточно стабильно и на всей территории превышают уровень ПДК<sub>рх</sub>. Максимальные содержания нитритов, фосфатов и значений ПО для воды многих рек также могут превышать нормативы (они обычно характерны для периода нереста рыбы). В поверхностных водах бассейнов рек Камчатки, Авачи и Паратунки природные (фоновые) концентрации нитритов стабильно превы-

шают ПДК<sub>рх</sub>. Для рек Камчатки характерно также высокие содержания кремнекислоты (до 43 мг/л).

Своеобразным составом характеризуются поверхностные воды рудных районов данного БО. Аномальные воды, связанные с проявлением рудной минерализации, имеют сульфатный и гидрокарбонатно-сульфатный состав, повышенную и высокую минерализацию (нередко более 1 г/л, особенно за счет роста концентрации сульфатов), рН 4,0–6,6 (кислые), отличаются высокими содержаниями тяжелых металлов (медь, цинк, свинец), химических элементов (сурьма) и сульфатов. Их концентрации обычно существенно превышают ПДК<sub>рх</sub>. Протяженность геохимических аномалий (водных потоков рассеяния) в поверхностных водных объектах обычно составляет несколько километров.

**Амурский бассейновый округ.** Поверхностные воды Амурского бассейнового округа в природных условиях характеризуются преимущественно очень малой и малой минерализацией, низкой жесткостью, концентрациями главных ионов существенно ниже ПДК<sub>рх</sub> и в основном гидрокарбонатным кальциевым характером. Средняя минерализация свойственна водам рек Курильских островов (до 250–400 мг/л), которые дренируют склоны действующих вулканов или расположены в области интенсивной разгрузки минеральных вод. Повышенная (0,5–1 г/л) и высокая (более 1 г/л) минерализация вод наблюдается в устьевых частях большинства рек БО во время приливов (что сопровождается формированием вод хлоридно-натриевого характера). Для воды некоторых водотоков, особенно дренирующих болотные массивы, нередко фиксируется слабокислая среда.

Для речных вод Дальневосточного региона, включая о. Сахалин и Курильские о-ва, и особенно для водных объектов бассейна Амура практически повсеместно характерны высокие природные (фоновые) содержания органических веществ (по ХПК, иногда по ПО, реже по БПК<sub>5</sub>), которые превышают существующие нормативы, а также фенолов, для которых характерно практически повсеместное превышение ПДК<sub>рх</sub>, являющееся следствием природных факторов и явлений и не нарушающее санитарный и гидробиологический режим водных объектов. В отдельных случаях в речных водах наблюдаются высокие концентрации нефтяных углеводородов, обусловленные естественными процессами их продуцирования. Для поверхностных вод на значительной части рассматриваемой территории фиксируются природные концентрации аммонийного азота, фосфатов, иногда нитритов, превышающие ПДК<sub>рх</sub>. Особенно высокие концентрации указанных компонентов, прежде всего фосфатов, наблюдаются в воде рек осенью после нереста лососевых пород рыб.

Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что для поверхностных вод территории БО характерны практически повсеместно и круглый год концентрации общего железа, меди, цинка, реже марганца (типичен для о. Сахалин), иногда стронция (Верхний Амур), превышающие уровень ПДК<sub>рх</sub>. В воде р. Пунчи), в бассейне которой расположено месторождение холодных углекислых минеральных вод, концентрации железа, марганца, ванадия, меди, цинка превышают ПДК<sub>рх</sub>. Для вод рек Забайкальского края характерно повышенное содержание марганца, цинка, меди, молибдена и др., что обусловлено влиянием соответствующих месторождений. Некоторые реки Восточного Забайкалья отличаются высокими концентрациями в воде мышьяка (до 0,6–0,7 ПДК<sub>рх</sub>). В воде рек, дренирующих болотные массивы, концентрации кремния нередко превышают ПДК<sub>хп</sub>. Высокими концентрациями кремния отличаются также воды некоторых рек о. Сахалина.

Итоговые результаты обобщения данных систематизированы в таблице 14, из которой следует, что уже сейчас с большой степенью достоверности можно утверждать, что распределение многих химических элементов и соединений, которые используются в оценках степени загрязнения и качества поверхностных вод определяется природными условиями и природными факторами. Без учета данного факта имеющиеся оценки состояния поверхностных вод и степени их техногенного загрязнения не отражают реальной ситуации, существующей в пределах нашей страны.

**Природный состав воды поверхностных водных объектов в пределах бассейновых округов и ПДК<sub>рх</sub>, требующие пересмотра**

Бассейновый округ (БО)	Общая характеристика состава поверхностных вод, требующая учета при нормировании качества вод, оценках состояния водных объектов и таксации водных объектов рыбохозяйственного значения	Показатели, требующие пересмотра ПДК для БО в целом	Показатели, требующие пересмотра нормативов ПДК для отдельных районов и(или) водных объектов БО	Показатели, требующие уточнений	Характерные загрязняющие вещества для БО, обычно используемые при расчетах УКИЗВ
Балтийский	Воды (за исключением Калининградской обл.) отличаются очень малой (< 100 мг/л, нередко < 40–50 мг/л) и малой (100–200 мг/л) минерализацией, уровнем главных ионов на один-два порядка ниже ПДК <sub>рх</sub>	цветность, ПО, ХПК, БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ</sub>	Mn, Cu, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , фенолы, pH	Al, Zn, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ХПК, БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Mn
Баренцево-Беломорский	Воды отличаются очень малой (< 100 мг/л, часто < 40–50 мг/л, иногда < 20 мг/л) и (реже) малой (100–200 мг/л) минерализацией, содержаниями главных ионов на один-два порядка ниже ПДК <sub>рх</sub> . Для озерных вод региона характерны очень низкие (существенно ниже ПДК, нередко многократно) содержания Li, Rb, Cs, Ag, Ba, Sr, Zr, Sn, As, Bi, Cr, J	цветность, ПО, ХПК, БПК <sub>5</sub> , фенолы, Fe <sub>общ</sub> , Cu, Al, Mn	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	-	ХПК, БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Mn, фенолы
Двинско-Печерский	Воды характеризуются минерализацией в пределах от 50–100 до 300–500 мг/л. Наименьшие значения минерализации характерны для бассейна Печоры (50–80 мг/л) и для водных объектов Большеземельской тундры (6–96 мг/л). Воды региона отличаются низкими содержаниями фтора (не более 0,05 мг/л). Есть районы, в водах которых в результате проявления различных природных факторов минерализация и соответственно содержания главных ионов могут существенно увеличиваться (район месторождений Варандей-Адзвинской зоны, карстовые районы, лесная зона). Для некоторых водотоков и водоемов характерно формирование кислой среды.	Fe <sub>общ</sub> , ПО, БПК <sub>5</sub> , ХПК, Cu, Zn, Mn, Al,	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Pb, Mo,	Cu, Zn, Fe <sub>общ</sub> , ХПК, БПК <sub>5</sub> , нередко Mn, Al, фенолы, нефтепродукты, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
Днепровский	В пределах фоновых участков рек в водах наблюдаются достаточно высокие уровни (до 0,6 ПДК <sub>рх</sub> ) нефтепродуктов. Целый ряд химических элементов в озерных водах характеризуются концентрациями, которые многократно ниже установленных нормативов (Cs, Rb, Ba, V, Sn, Ti, Co, W, Cr).	Fe <sub>общ</sub> , Cu, ХПК, БПК <sub>5</sub> , фенолы,	Al, Mn		ХПК, БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, фенолы, нефтепродукты.
Донской	Минерализация вод в пределах БО изменяется от 100 до 7000 мг/л, а химический состав – от гидрокарбонатных на северо-западе территории до хлоридных и сульфатных – на юго-востоке. Среднеголетние значения минерализации речной воды в пределах верхнего и среднего течения Дона (незарегулированный участок) изменяются в диапазоне 410–590 мг/л, среднегодовые – 370–620 мг/л, что вполне может считаться современным «нормальным» значением. Природные водные объекты с минерализацией воды существенно более 1 г/л распространены на водосборах, характеризующихся наличием сульфатного засоления почв и грунтов (водосборы рек Егорлык, Средний Егорлык, Ташла, Тузлов, Большой Несветай). Вода этих рек характеризуется высокой минерализацией (до 6 г/л), сульфно-натриевым или сульфатно-кальциевым составом. Сульфатно-хлоридное засоление поч-	Fe <sub>общ</sub> , ХПК, БПК <sub>5</sub> , Cu, Mn	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (верховье), NO <sub>2</sub> (верховье), SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (низовье), PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (в районах распространения фосфоритов, озера лесостепи и степи), V (озера лесостепи и степи)		Ниже Цимлянского вдхр. – ХПК, БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , нефтепродукты, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Mn, Zn, Cu. Низовье бассейна Дона – Cu, нефтепродукты, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , иногда Mn, Co, Ni, As, F, Hg

	вогрунтовой толщии характерно для водосбора р. Сал, в которой минерализация речной воды в течение всего года высокая (1–4,5 г/л), а по химическому составу вода реки относится к сульфатно-хлоридному классу группы натрия. Озерные воды сухих степей и полупустыни отличаются высокими (выше ПДК) концентрациями сульфатов, хлоридов, кальция, магния, натрия, фосфора, Cu, Al, Sr, Zn, V, Mo, Mn, Br, Fe. Оценку состояния водных объектов, состав воды которых в природных условиях изначально имеет сульфатный или хлоридный характер (при минерализации всегда заметно больше 1 г/л), следует осуществлять на основании специально для них разработанных нормативов.				
Кубанский	Минерализация воды рек бассейна Кубани составляет в верховьях 30 мг/л, среднем течении – до 300 мг/л, в устье – 150–250 мг/л. На значительной территории бассейна доминируют гидрокарбонатные кальциевые воды. Для отдельных участков Кубани и для некоторых ее притоков наблюдаются повышенные (до 0,5–0,8 ПДК <sub>рх</sub> ) концентрации ионов кальция и (редко) ионов магния. Воды в пределах междуречья Кубани и Дона отличаются высокой минерализацией (1,3–5,6 г/л) и сульфатно-натриевым составом; концентрации главных ионов существенно превышают ПДК, что всецело обусловлено природным фактором.	Mn, Cu, Fe, ХПК, ПО	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (верховья бассейна Кубани), Zn, БПК <sub>5</sub> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>		Fe, Cu, Mn, Zn, Pb, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , БПК <sub>5</sub> , фенолы, нефтепродукты, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>
Западно-Каспийский	В пределах территории на юг от бассейна Терека до Государственной границы РФ распространены реки с природно обусловленным сульфатным классом воды и высокой (> 1 г/л) минерализацией. В бессточных районах междуречья Терека, Дона и Волги большая часть водных объектов характеризуется водой хлоридно-натриевого или (в несколько меньшей степени) сульфатно-натриевого состава, очень высокой минерализацией, высокими уровнями главных ионов, что является следствием природных условий их формирования.	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg, Mn, Fe <sub>общ</sub> (территория на юг от бассейна Терека до Государственной границы РФ); главные ионы, Mn, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (междуречье Терека и Волги); Al, Fe <sub>общ</sub> , Cu, Mn (бассейн р. Терека); Mo, W, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg, Na, Ca, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , ХПК, ПО (воды отдельных рек, особенно в рудных районах)			нефтепродукты, Cu, Al, Fe <sub>общ</sub> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
Верхневолжский	Здесь расположены водные объекты, характеризующие заметным разнообразием гидрохимических параметров воды, но минерализация и распределение главных ионов в речных водах его большей части не выходят за пределы существующих нормативных величин. В районах развития карста минерализация речных вод во все сезоны года превышает 1 г/л и отличается высокими (выше ПДК <sub>рх</sub> ) концентрация сульфатов, магния и кальция. Повышенной минерализацией и высокими концентрациями сульфатов и хлоридов отличаются также реки, в долинах которых имеются источники хлоридно-сульфатных минеральных вод. Некоторые малые реки болотных территорий обладают водой с рН менее 6,5. Большинство озер по условиям питания мало отличаются от речных вод, что определяет близость их солевого состава к речным водам. На отдельных водоемах (карстовые районы) в летний период наблюдается преобладание сульфатов.	ХПК, ПО, БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Mn, Zn,	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg <sup>2+</sup> , Ca <sup>2+</sup> (карстовые районы), NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (сточные озера лесной зоны)	фенолы, нефтепродукты, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	ХПК. БПК <sub>5</sub> , Cu, Mn, Zn, Fe, иногда NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> , фенолы, нефтепродукты
Окский	Минерализация (в меженный период) воды составляет порядка 300–400	цветность, ПО,	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup>	Mo, Al	ХПК, БПК <sub>5</sub> , Cu,



	<p>мг/л. Общий химический состав воды рек Окского бассейна укладывается в известные региональные гидрохимические параметры и существующие нормативы. Исключение составляют реки карстовых районов, где формируются речные воды с высокой минерализацией (более 1 г/л) и концентрациями сульфатов, кальция и магния, превышающими ПДК<sub>рх</sub> (например, бассейны рек Тешы, Упы, Цны). Озера лесной зоны отличаются водой с очень малой минерализацией и низкими концентрациями главных ионов.</p>	<p>БПК<sub>5</sub>, ХПК, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, V, Mn, Fe<sub>общ</sub>, Cu, Zn, Hg</p>	<p>(карстовые районы)</p>		<p>Mn, Zn, Fe, фенолы, нефтепродукты, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, иногда и для некоторых объектов Al, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></p>
Камский	<p>По составу речные воды в основном относятся к гидрокарбонатному классу кальциевого типа с «нормальной» минерализацией и содержаниями главных ионов, не выходящих за нормативные пределы. Повышенной и высокой минерализацией (до 1000–1500 мг/л) отличаются воды карстовых рек (особенно в районах развития гипсового и соляного карста), нередко имеющие сульфатный характер. Воды этих рек отличаются также высокими концентрациями сульфатов, кальция, магния, часто превышающих уровень ПДК<sub>рх</sub>. Водотоки южных засушливых районов также отличаются повышенной минерализацией воды и высокими концентрациями сульфатов. В типичных зональных условиях формируются озера с маломинерализованными (100–200 мг/л) гидрокарбонатными водами. Достаточно широко распространены карстовые озера, которые отличаются высокой минерализацией воды (нередко &gt; 1 г/л).</p>	<p>ХПК, ПО, БПК<sub>5</sub>, Fe<sub>общ</sub>, Cu, Mn, Zn</p>	<p>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> (карстовые районы), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (южные засушливые районы), фенолы</p>	<p>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Al, Sr, Mo</p>	<p>ХПК, БПК<sub>5</sub>, Fe, Cu, Mn, фенолы, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, нефтепродукты, иногда и для некоторых объектов Zn, Ni, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup></p>
Нижне-волжский	<p>Многие реки отличаются гидрокарбонатной кальциевой водой со средней и чаще всего с повышенной минерализацией. Для ряда рек (особенно ниже Куйбышевского водохранилища) характерно формирование вод повышенной минерализации при соответственном увеличении относительного содержания сульфатных ионов, удельные концентрации которых (наряду с магнием) превышают ПДК<sub>рх</sub>, что в основном характерно для рек карстовых районов и для водотоков южной и юго-восточной части территории. В южных районах есть озера с минерализацией воды свыше 1 г/л. В районе Прикаспийской синеклизы озера по составу воды хлоридные натриевые и хлоридные магниевые с минерализацией до 300 г/л и более.</p>	<p>Cu, Fe<sub>общ</sub>, Mn</p>	<p>SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (карстовые районы, южные и юго-восточные районы)</p>	<p>Cl<sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, БПК<sub>5</sub>, ХПК, Hg</p>	<p>Cu, Fe, Mn, БПК<sub>5</sub>, ХПК, фенолы, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нефтепродукты, Hg</p>
Уральский	<p>Речные воды в пределах западного участка БО в многоводные годы имеют минерализацию 100–300 мг/л, характеризуются гидрокарбонатно-кальциевым составом; в маловодные годы отличаются более высокой минерализацией (200–500 мг/л) и преобладанием хлоридов и натрия. В летнюю и зимнюю межень при минимальных расходах минерализация воды возрастает. В бассейне Урала формируются в основном гидрокарбонатные воды, которые имеют минерализацию не более 500 мг/л, часто в пределах 50–150 мг/л. При развитии на водосборах типичных черноземов минерализация вод составляет 100–450 мг/л. Вода озёр, приуроченных к верхнему течению Урала, характеризуется гидрокарбонатным кальциево-магниевым составом; минерализация её не более 0,46 г/л. Другие озера имеют сложный катион-</p>	<p>ХПК, ПО, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Cu, Zn, Fe<sub>общ</sub>, Mn (бассейн р. Урала), Cl<sup>-</sup>, Fe<sub>общ</sub> (западный участок БО), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Cl<sup>-</sup> (районы развития солонцово-солончаковых почвенных комплексов); Cu, Zn (озера горнорудных районов)</p>			<p>ХПК, БПК<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, Fe<sub>общ</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, нередко Cu и Zn (западный участок); Cu, Zn, Fe, Mn, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, нефтепродукты, БПК<sub>5</sub>, ХПК, в меньшей степени фенолы и PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (восточный уча-</p>

	ный состав воды и ее минерализацию до 0,65–0,77 г/л. Особую группу составляют солоноватые и соленые озера, минерализация воды которых от 2,2 до 23,5 г/л. Многие озера с минерализацией 1–4 мг/л и концентрациями сульфатов, хлоридов, магния, натрия и калия выше ПДК <sub>рх</sub> являются рыбопромысловыми водоемами.			сток)	
Верхне-обский	Речные воды, имеющие преимущественно гидрокарбонатный кальциевый характер, характеризуются малой (100–200 мг/л) и средней (200–500 мг/л) минерализацией, в высокогорных районах они обладают очень малой минерализацией (< 100 мг/л). В меженный период минерализация вод заметно увеличивается (до 700 мг/л в равнинных реках и до 300–400 в горных реках). По величине pH речные воды обычно относятся к категории от слабокислых до нейтральных. Минерализация воды озер Горного Алтая не превышает 100 мг/л (обычно 60–90 мг/л). В левобережных притоках р. Оби, в бассейнах которых обнаруживаются породы неогена, представленные глинами с известняковыми конкрециями, железисто-марганцевыми включениями и гипсом, минерализация вод может превышать 900 мг/л. В районах распространения черноземов обыкновенных, выщелочных и солонцеватых формируются воды повышенной минерализации, имеющие неявно выраженный хлоридно-натриевый характер. Реки бессточного соленого оз. Чаны имеют воду высокой минерализации с высокими концентрациями сульфатов, магния, натрия и калия.	ХПК, ПО, БПК <sub>5</sub> , фенолы, нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn (реки Алтая), Ni, V (некоторые реки Алтая), Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn, Hg, Al (бассейн р. Катунь), Fe <sub>общ</sub> , Mn, Cu, Al (реки равнинной части), Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Mo, Hg (озера Горного Алтая), NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe, Al, Mn, Cu, Zn, Hg, ХПК, ПО, БПК <sub>5</sub> , фенолы, нефтепродукты (озера равнинной части)	Hg	нефтепродукты, СПАВ, фенолы, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Fe, Cu, Zn, Mn, ХПК, БПК <sub>5</sub> , иногда Hg.
Иртышский	Минерализация воды в Иртыше колеблется в зависимости от сезона от 136 до 253 мг/л в половодье до 300–324 мг/л в зимний период, увеличиваясь по длине реки с юга на север до Усть-Ишима, за пределами Омской области несколько снижается до впадения в Обь. Наличие в бассейне Ниж. Иртыша и в юго-восточной части бассейна Тобола (в полуаридных районах) засоленных почв определяет высокую природную минерализацию (больше 1 г/л) и сульфно-натриевый или хлоридно-натриевый состав вод ряда рек. На формирование химического состава многих рек бассейна Тобола большое влияние оказывают карстовые явления (Сосьва, Реж, Увелька, Нейва, Пышма, Миасс, Синара, Теча и их притоки), вода которых на отдельных участках (включая р. Тобол) может отличаться повышенной и даже высокой минерализацией и концентрациями главных ионов, превышающими нормы. Вода рек лесной территории характеризуется высокими содержаниями органических веществ, реки, питающиеся болотными водами – нитритами и фосфатов. Природная минерализация воды озер колеблется в широких пределах и имеет тенденцию к увеличению от лесной к степной (полуаридной) зоне, где распространены озера с минерализованной водой (минеральные озера).	Fe <sub>общ</sub> , Mn, Cu, нефтепродукты, фенолы	Главные ионы (реки и озера юго-восточной части с засоленными почвами; реки карстовых районов), ХПК, ПО (реки лесной территории), NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (реки болотных районов), NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Zn (некоторые реки лесных районов), ХПК, ПО, Fe <sub>общ</sub> , Mn, Cu, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (озера лесостепи), Na <sup>+</sup> , K <sup>+</sup> (озера лесостепной зоны)		ХПК, БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты, фенолы, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn, Mn.

Нижне-обский	В пределах большей части БО формируются воды гидрокарбонатно-кальциевого характера преимущественно с малой (100–200 мг/л) и (реже) средней (200–300 мг/л) минерализацией и с высоким содержанием ОБ. На состав воды рек тундры и лесотундры оказывает влияние вечная мерзлота, что обуславливает их очень малую минерализацию (от 10–20 до 80–90 мг/л). Вода многих рек является нейтральной или слабокислой (рН = 5,7–6,8). Для Оби в нижнем течении характерны маломинерализованные (127 мг/л), нейтральные и слабокислые (рН 6,4–7,0), мягкие воды гидрокарбонатно-кальциевого состава, с высоким содержанием ОБ. Для подавляющего большинства водных объектов характерны концентрации главных ионов на один-два порядка ниже ПДК <sub>рх</sub> .	ХПК, БПК <sub>5</sub> , ПО, цветность, фенолы, нефтепродукты NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn, Mn, Al	Ni, Co (восточный склон Полярного Урала)	Hg, Cr, Ni, Pb	нефтепродукты, фенолы, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn, Mn, Al, ХПК, БПК <sub>5</sub> , ПО, иногда Hg
Ангаро-Байкальский	Формирование химического состава воды и гидрохимический режим рек, впадающих в оз. Байкал происходит в основном среди слабо выщелачиваемых изверженных или метаморфических пород архея и протерозоя, что определяет чаще всего очень малую (50–100 мг/л) и малую (100–200 мг/л) минерализацию речных вод и гидрокарбонатный кальциевый состав последних. Данный факт обуславливает очень малую минерализацию воды оз. Байкал (45–85 мг/л) и вытекающей из него р. Ангары (в истоке не более 97 мг/л). Содержания главных ионов на один-два порядка меньше ПДК <sub>рх</sub> . Наличие в пределах водосбора некоторых рек (особенно Приангарья) осадочных пород, содержащих гипсы и поваренную соль, обуславливает формирование в реках вод повышенной и высокой минерализацией с высокими концентрациями сульфатов, кальция и магния.	ХПК, БПК <sub>5</sub> , ПО, фенолы	Al, Cu (оз. Байкал), SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Ca <sup>2+</sup> , Mg <sup>2+</sup> (районы карста), Fe <sub>общ</sub> , Cu, Mn (бассейн Ангары), Zn, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (некоторые объекты бассейна Ангары) Cu, Zn (Забайкалье) W, Mo, F, Cu, Zn, SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Pb, V (рудные зоны)	нефтепродукты, Mo, Ni, V	нефтепродукты, Hg, Cu, органические и азотсодержащие вещества, лигнин, формальдегид (бассейн Ангары), фенолы, нефтепродукты, Fe <sub>общ</sub> , Cu, Zn (бассейн Селенги)
Енисейский	Большая часть вод, включая воды Енисея, характеризуются минерализацией 90–160 мг/л в летне-осеннюю и 110–230 мг/л в зимнюю межень. Водотоки южной части БО отличаются более высокой минерализацией воды (до 300–500 мг/л). Водотоки самой северной части БО имеют воду с очень малой минерализацией (до 50 мг/л в летне-осеннюю межень). В реках, бассейны которых расположены в котловинах с засоленными почвами, минерализация воды увеличивается до 800–950 мг/л и более, концентрации сульфатов и магния превышают ПДК <sub>рх</sub> . В бассейне р. Ниж. Тунгуски минерализация вод варьируется от 300 до 1400 мг/л, что связано с выходами грунтовых вод на дневную поверхность, разгрузкой рассолов и соленых вод. На территории БО находится много озер, в которых встречаются различные по минерализации воды (пресные, солоноватые, соляные) и химическому составу (гидрокарбонатные, сульфатные, хлоридные). В северных районах в условиях избыточной увлажненности распространены пресные озера. В верхней и средней части бассейна Енисея формируются озерные воды разного химического состава (пресные, солоноватые, соляные озера). Обычно воды пресных озер по минерализации и химическому составу мало отличаются от	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg (реки в котловинах с засоленными почвами), Na <sup>+</sup> , Cl <sup>-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mg (реки в районах выхода рассолов и соленых вод), ХПК, ПО (заболоченные бассейны рек Западно-Сибирской низменности, некоторые облесенные водосборы рек Среднесибирского плоскогорья и Минусинской котловины), Fe <sub>общ</sub> (заболоченные бассейны рек Западно-Сибирской низменности), БПК <sub>5</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Ni, Zn, нефтепродукты, фенолы (бассейн р. Пясины), Cu (реки Приенисейского Заполярья), БПК <sub>полн</sub> , NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Al, Zn (р. Нижняя Таймыра),		нефтепродукты, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , Fe <sub>общ</sub> , Cu, Ni, Zn, Al, Mn, ХПК, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , фенолы, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	

	вод местного стока.	Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Mn, Zn, нефтепродукты, фенолы (р. Енисей)			
Ленский	Разнообразие природных условий на водосборе Лены обуславливает пространственную неоднородность химического состава вод. В геологическом строении бассейна верхнего течения Лены принимают участие породы различного состава, из которых наиболее существенное влияние на формирование химического состава воды оказывают карбонатные, сульфатные и галогенные породы. Благодаря наличию тектонических нарушений в районе и значительной закарстованности перечисленных пород в бассейне верхнего течения Лены есть источники, выводящие на поверхность воды различного химического состава и разной степени минерализации. Минерализация речных вод (гидрокарбонатно-кальциевого, иногда сульфатно-кальциевого состава) варьируется в пределах от < 70–90 мг/л (чаще всего) до (реже) 400–500 мг/л. Невысокая минерализация вод предопределяет концентрации главных ионов существенно ниже ПДК. В воде Лены наибольших значений минерализация достигает у г. Ленска (от 130–190 до 825–1000 мг/л), что обусловлено влиянием притоков. Для воды некоторых рек в силу геологического строения, наличия соляных пород, выходов минеральных источников характерна минерализация > 1 г/л, иногда до 3 г/л и больше, уровни сульфатов, хлоридов, калия, натрия выше ПДК <sub>рх</sub> и кальция (близкие нормативу).	ХПК, ПО, цветность, фенолы, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn, Al, Mn		БПК <sub>5</sub> , нефтепродукты	ХПК, БПК <sub>5</sub> , Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn, Mn, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , фенолы, взвешенные вещества, нефтепродукты.
Анадыро-Колымский	Воды р. Колымы отличаются гидрокарбонатным кальциевым составом, очень малой минерализацией (44,8–93,3 мг/л) и соответственно концентрациями главных ионов существенно ниже (на один-три порядка) значений ПДК <sub>рх</sub> . Химический (солевой) состав речных вод Камчатки довольно однообразен. Речные воды обладают в основном очень малой (меньше 100 мг/л, часто существенно меньше) и (очень редко) малой минерализацией (несколько больше 100 мг/л). Во время крупных извержений вулканов минерализация воды в окружающих пресных потоках может увеличиваться до 2,5 г/л, в течение года уменьшаясь до 1,1 г/л.	Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn, фенолы, ХПК (бассейн Колымы и других рек Северо-Востока), Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn (реки п-ова Камчатки), ПО, NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (нерестовые реки п-ова Камчатки), NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (бассейны рек Камчатки, Авачи и Паратунки), SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Cu, Zn Pb, Sb (рудные районы)		нефтепродукты	Cu, Zn, Fe <sub>общ.</sub> , фенолы, ХПК, БПК <sub>5</sub> , для п-ова Камчатки, кроме того, нефтепродукты, иногда Cd, Pb
Амурский	Воды в природных условиях характеризуются преимущественно очень малой и малой минерализацией, низкой жесткостью, концентрациями главных ионов существенно ниже ПДК <sub>рх</sub> и в основном гидрокарбонатным кальциевым характером. Средняя минерализация свойственна водам рек Курильских островов (до 250–400 мг/л), которые дренируют склоны действующих вулканов или расположены в области интенсивной разгрузки минеральных вод. Повышенная (0,5–1 г/л) и высокая (более 1 г/л) минерализация вод наблюдается в устьевых частях большинства рек БО во время приливов (что сопровождается формированием вод хлоридно-натриевого характера). Для воды некоторых водотоков, особенно дренирующих болотные массивы, нередко фиксируется слабокислая среда.	ХПК, фенолы, NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (для ряда нерестовых рек) Mn (о. Сахалин, ряд водных объектов бассейна Амура), Sr (Верхний Амур), V, Mn (р. Пунчи), Mo (реки Забайкальского края в рудных зонах)	ПО, БАК <sub>5</sub> , As (некоторые реки Вост. Забайкалья)	ХПК, (реже БПК <sub>5</sub> ), NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> , общее Fe <sub>общ.</sub> , Cu, Zn, фенолы, нефтепродукты, в меньшей степени Ni, PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , Mn, Al

Таким образом, полученные результаты однозначно указывают на необходимость учета региональных природных особенностей химического состава природных вод при оценках состояния и степени техногенного загрязнения поверхностных вод, а также при разработке природоохранных нормативов их качества.

## Литература

1. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: ГИМИЗ, 1956. – 296 с.
2. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. – Л.: Гидрометеоздат, 1970. – 444 с.
3. *Алексеевский Н.И.* Генетический анализ качества воды // География. Вып. 1. – М.: Изд-во МГУ, 1993, с. 224–228.
4. *Андреев В.В.* Региональные проблемы нормирования качества воды // Современное состояние водных ресурсов Нижней Волги и проблемы их управления: материалы научно-практической конференции. – Астрахань, 2009, с. 12–15.
5. *Баранов Э.Н.* Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений. – М.: Наука, 1987. – 296 с.
6. *Бушев А.Г., Гаврилов А.И., Поленов Ю.А., Черкашина Н.А.* Токсичные органические соединения в пегматитовом сырье // Разведка и охрана недр, 1994, № 2, с. 35–37.
7. *Вернадский В.И.* Биосфера. Ч. 1–2. – Л.: Научхимтехиздат, 1926. – 146 с.
8. *Вернадский В.И.* Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. – М.: Наука, 2001. – 376 с.
9. *Вернадский В.И.* История природных вод. – М.: Наука, 2003. – 750 с.
10. *Виноградов А.П.* Биогеохимические провинции и эндемии // ДАН СССР, 1938, т. 18, № 4/5, с. 283–286.
11. Водная стратегия РФ на период до 2020 года. Утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р.
12. Водный кодекс Российской Федерации от 12.04.2006 г. (в ред. Федеральных законов от 04.12.2006 № 201-ФЗ, 19.06.2007 № 102-ФЗ, 14.07.2008 № 118-ФЗ, 23.07.2008 № 160-ФЗ, 24.07.2009 № 209-ФЗ, 27.12.2009 № 365-ФЗ, 28.12.2010 № 420-ФЗ, 11.07.2011 № 190-ФЗ, 18.07.2011 № 242-ФЗ, 19.07.2011 № 246-ФЗ, 19.07.2011 № 248-ФЗ, 21.07.2011 № 257-ФЗ, 21.11.2011 № 331-ФЗ, 06.12.2011 № 401-ФЗ, 07.12.2011 № 417-ФЗ, 25.06.2012 № 93-ФЗ, 28.07.2012 № 133-ФЗ, 07.05.2013 № 87-ФЗ).
13. Воды нефтяных и газовых месторождений СССР. – М.: Недра, 1989. – 382 с.
14. *Волков И.В., Заличева И.Н., Ганина В.С. и др.* О принципах регламентирования антропогенной нагрузки на водные экосистемы // Водные ресурсы, 1993, № 6, с. 707–713.
15. *Воронков П.П.* Гидрохимия местного стока европейской территории СССР. – Л.: Гидрометеоздат. – 1970. – 188 с.
16. *Гвоздецкий Н.А.* Карст. – М.: Мысль, 1981. – 214 с.
17. Геохимические провинции // Горная энциклопедия. Т. 1. – М.: Сов. энциклопедия, 1986, с. 17.
18. Геохимия полициклических ароматических углеводов в горных породах и почвах. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 192 с.
19. Гидрология заболоченных территорий зоны многолетней мерзлоты Западной Сибири. – СПб.: ВВМ, 2009. – 536 с.
20. *Глазовская М.А.* Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. – М.: Высш. шк., 1988. – 328 с.
21. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

22. ГН 2.1.5.2280-07. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315-03.
23. ГН 2.1.5.2307-07. Гигиенические нормативы. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
24. ГН 2.1.5.2702-10. Гигиенические нормативы. Ориентировочные допустимые уровни (ОДУ) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнение № 3 к ГН 2.1.5.2307-07
25. Гордеев В.В., Лисицын А.П. Средний химический состав взвесей рек Мира и питание океанов речным осадочным материалом // ДАН СССР, 1978, 238, № 1, с. 225–228.
26. ГОСТ 17.1.2.04-77. Охрана природы. Гидросфера. Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов. (Содержат требования к качеству воды, характеризуемого показателями трофо-сапробности, солености и жесткости; водородным показателем (рН); содержаниями некоторых вредных веществ.)
27. Грабовников В.А., Рубейкин В.З., Самсонов В.Г., Самсонова Л.М. Формирование и строение ореолов рассеяния вещества в подземных водах. – М.: Недра, 1977. – 136 с.
28. Григорян С.В. Первичные геохимические ореолы при поисках и разведки рудных месторождений. – М.: Недра, 1987. – 408 с.
29. Данилов-Данильян В.И., Пряжнинская В.Г. Водные ресурсы России: состояние и качество // Водные ресурсы и качество вод: состояние и проблемы управления. – М.: РАСХН, 2010, с. 13– 35.
30. Данилов-Данильян В.И., Пряжнинская В.Г., Веницианов Е.В. и др. Аналитический обзор «Управление водными ресурсами в Российской Федерации» // <http://ru.scribd.com>.
31. Данилов-Данильян В.И., Розенталь О.М. Парадоксы экологического нормирования // Стандарты и качество, 2007, № 5, с. 42–44.
32. Динамика качества поверхностных вод Советского Союза в 1981–1985 годах. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 335 с.
33. Днепровский бассейновый совет рассмотрел перспективы охраны водных ресурсов // <http://www.mprtver.ru/index.php/ru/news/566-2013-11-05-11-33-12>.
34. Ермаков В.В. Биогеохимические провинции: концепция, классификация и экологическая оценка // Основные направления геохимии. – М.: Наука, 1995, с. 183–196.
35. ЕС – Россия. Программа Сотрудничества. Гармонизация экологических стандартов II (ГЭС II). Заключительный технический отчет. Блок деятельности 10. Нормативы качества окружающей среды. Август 2009 г. – 231 с.
36. ЕС – Россия. Программа Сотрудничества. Гармонизация экологических стандартов II (ГЭС II). Промежуточный отчет. Блок деятельности 10. Нормативы качества окружающей среды. 10.8 – Нормирование качества вод в Российской Федерации. Москва, 2009. – 43 с.
37. Закутин В.П. Региональные геохимические провинции пресных подземных вод, некондиционных по содержаниям микроэлементов // Разведка и охрана недр, 2005, № 11, с. 10–13.
38. Заседание Бассейнового совета // <http://vmurmanske.ru/news/1588731>.
39. Засоленные почвы России. – М.: Наука, 2006. – 854 с.
40. Институт экологии Волжского бассейна РАН и город Тольятти. Экологические инновации для устойчивого развития города. Аналитический доклад. – Тольятти: Кассандра, 2012. – 87 с.
41. Каменский Г.Н. Зональность грунтовых вод и почвенно-географические зоны // Тр. Лаборатории гидрогеологических проблем им. акад. Ф. П. Саваренского, 1949, т. 6, с. 15–35.
42. Ковальский В.В. Геохимическая экология. – М.: Наука, 1974. – 299 с.
43. Колотов Б.А. Гидрогеохимия рудных месторождений. – М.: Недра, 1992. – 234 с.
44. Колотов Б.А., Крайнов С.Р., Рубейкин В.З. и др. Основы гидрогеохимических поисков рудных месторождений. – М.: Недра, 1983. – 199 с.

45. *Короновский Н.В.* Геология России и сопредельных территорий. – М.: Академия, 2011. – 264 с.
46. *Крайнов С.Р., Закутин В.П.* Геохимико-экологическое состояние подземных вод России (причины и тенденции изменения химического состава подземных вод) // *Геохимия*, 1994, № 3, с. 312–319.
47. *Крайнов С.Р., Рыженко Б.Н., Швец В.М.* Геохимия подземных вод. Теоретические, прикладные и экологические аспекты. – М.: Наука, 2004. – 677с.
48. *Крайнов С.Р., Швец В.М.* Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. – 237 с.
49. *Криночкин Л.А.* Прогнозная оценка территории России по региональным аномальным геохимическим полям: Автореф. дис. ... док. г.-м.н. – М., 2011. – 46 с.
50. *Кузьмич В.Н.* О совершенствовании системы природоохранного нормирования // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Мат-лы Объедин. Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиол. Об-ва при РАН и Межвед. ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2011, с. 143–150.
51. *Лебедев И.П., Стрик Ю.Н.* Региональная металлогения. – Воронеж: ВГУ, 2007. – 89 с.
52. *Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н.* Теоретические и методические основы технологии регионального контроля природной среды по данным экологического мониторинга. – М.: НИИ-Природа, 2004. – 271 с.
53. *Левич А.П., Булгаков Н.Г., Максимов В.Н., Рисник Д.В.* «In situ» – технология установления локальных экологических норм // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Мат-лы Объедин. Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиол. Об-ва при РАН и Межвед. ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2011, с. 30–55.
54. *Леман В.Н., Лошкарева А.А., Чебанова В.В., Логачев А.Р.* Состояние среды обитания лососевых рыб в условиях природной геохимической аномалии (бассейн р. Ича) // Исследование водных биологических ресурсов Камчатки и северо-западной части Тихого океана. Сб. научн. тр. Вып. 7 – Петропавловск-Камчатский: КамчатНИРО, 2004, с. 131–141.
55. *Львович М.И.* Элементы режима рек земного шара. – М.: Гидрометеиздат, 1945. – 126 с.
56. *Львович М.И.* Мировые водные ресурсы и их будущее. – М.: Мысль, 1974. – 274 с.
57. *Магакьян И.Г.* Металлогения (главные рудные пояса). – М.: Недра, 1974. – 304 с.
58. *Мальцева А.В., Тарасов М.Н., Смирнов М.П.* Сток органических веществ с территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 119 с.)
59. *Маслов Б.С.* Гидрология торфяных болот. – Томск: Изд-во Томского гос. пед. ун-та, 2008. – 424 с.
60. Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения (утв. Приказом Росрыболовства от 04.08.2009 г. № 695).
61. *Мусихина Т.А.* Региональные нормативы содержания химических элементов в поверхностных водах // *Экология и промышленность России*, май 2001, с. 26–28.
62. *Недра России. В 2 т. Т. 1. Полезные ископаемые.* – СПб.-М., 2001. – 547 с.
63. *Недра России. В 2 т. Т. 2. Экология геологической среды.* – СПб.-М., 2002. – 662 с.
65. *Никаноров А.М.* Гидрохимия. – СПб: Гидрометеиздат, 2001. – 444 с.
65. Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы предельно допустимых концентраций вредных веществ в водных объектах рыбохозяйственного значения (утв. Приказом Федерального агентства по рыболовству РФ № 20 от 18 января 2010 г.).
66. *Овчинников Л.Н.* Прикладная геохимия. – М.: Недра, 1990. – 247 с.

67. *Овчинников Л.Н.* Прогноз рудных месторождений. – М.: Недра, 1992. – 308 с.
68. ОСТ 155.372-87. Охрана природы. Гидросфера. Вода для рыбоводных хозяйств. Общие требования и нормы.
69. Отчет о научно-исследовательской работе по базовому проекту 12фцп-М2-01: «Разработка системы природоохранного нормирования качества поверхностных вод» (промежуточный). Этап 1 Аналитический обзор и оценка применения показателей качества вод в России и странах Европейского союза (ЕС) и Восточной Европы, Кавказа и Центральной Азии (ВЕКЦА). – М.: НИА «Природные ресурсы», 2013. – 151 с.
70. *Патин С.А.* Мифы и реалии эколого-рыбохозяйственного нормирования качества водной среды // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Мат-лы Объедин. Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиол. Об-ва при РАН и Межведом. ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2011, с. 151–155.
71. *Перельман А.И.* Геохимия ландшафта. – М.: Высш. шк., 1975. – 342 с.
72. *Перельман А.И.* Взаимосвязь учения о биогеохимических провинциях и геохимии ландшафта // Тр. Биогеохимической лаборатории, 1999, т. 23, с. 115–133.
73. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* Геохимия ландшафта. – М.: Астрей-2000, 1999. – 768 с.
74. Перечень рыбохозяйственных нормативов: предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение (утв. Приказом Госкомрыболовства от 28 апреля 1999 г. № 96 «О рыбохозяйственных нормативах»). – М.: ВНИРО, 1999. – 304 с.
75. *Петров О.В., Морозов А.Ф., Беляев Г.М. и др.* Геохимическая карта России – принципы составления и металлогенические следствия // Региональная геология и металлогения, 2013, № 55, с. 55–66.
76. *Пиковский Ю.И.* Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 208 с.
77. *Поликарпочкин В.В.* Вторичные ореолы и потоки рассеяния. – Новосибирск: Наука, 1976. – 407 с.
78. Протокол заседания Бассейнового совета Нижневолжского бассейнового округа, 31 марта 2011 г., № 5 // [www.vvbvu.ru/upload/files/protokol\\_bs1.doc](http://www.vvbvu.ru/upload/files/protokol_bs1.doc).
79. *Пьявченко Н.И.* Лесное болотоведение (основные вопросы). – М.: Изд-во АН СССР, 1963. – 192 с.
80. РД 52.24.643-2002. Методические указания. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.
81. *Розенберг Г.С.* «Норма» и «патология» для водных объектов: теория и методы измерения // Успехи современного естествознания, 2012, № 11, с. 15–17.
82. *Розенберг Г.С., Дунин Д.П., Костина Н.В. и др.* Информационные технологии для оценки экологического состояния крупного региона (на примере Волжского бассейна и Самарской области) // Проблемы региональной экологии, вып. 8. – Томск: СО РАН, 2000, с. 213–216.
83. *Розенберг Г.С., Евланов И.А., Селезнёв В.А. и др.* Опыт экологического нормирования антропогенного воздействия на качество воды (на примере водохранилищ Средней и Нижней Волги) // Вопросы экологического нормирования и разработка системы оценки состояния водоемов. Мат-лы Объедин. Пленума Научного совета ОБН РАН по гидробиологии и ихтиологии, Гидробиол. об-ва при РАН и Межведом. ихтиологической комиссии. Москва, 30 марта 2011 г. – М.: Тов-во научн. изданий КМК, 2011, с. 5–29.
84. Россия: речные бассейны. – Екатеринбург: Изд-во «Аэрокосмоэкология», 1999. – 520 с.
85. Россыпные месторождения России и других стран СНГ. – М.: Научный мир, 1997. – 454 с.



86. Руководство по интегрированному управлению водными ресурсами в бассейнах. Под рук. Ж.Ф. Донзиера и М. Уолша // [http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/A%20Handbook%20for%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20in%20Basins%20\(INBO,%20GWP,%202009\)%20RUSSIAN.pdf](http://www.gwp.org/Global/ToolBox/References/A%20Handbook%20for%20Integrated%20Water%20Resources%20Management%20in%20Basins%20(INBO,%20GWP,%202009)%20RUSSIAN.pdf)
87. Сает Ю.Е. Вторичные геохимические ореолы при поисках рудных месторождений. – М.: Наука, 1982. – 168 с.
88. Сает Ю.Е., Онищенко Т.Л., Янин Е.П. Методические рекомендации по геохимическим исследованиям для оценки воздействия на окружающую среду проектируемых горнодобывающих предприятий. – М.: ИМГРЭ, 1987. – 100 с.
89. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 335 с.
90. Сает Ю.Е., Янин Е.П. О комплексном составе техногенных гидрохимических аномалий // Водные ресурсы, 1991, № 2, с. 135–140.
91. СанПиН 2.1.5.980-00. Гигиенические требования к охране поверхностных вод.
92. СанПиН 2.1.4.1175-03. Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения.
93. Сафронов Н.И. Основы геохимических методов поисков рудных месторождений. – Л.: Недра, 1971. – 216 с.
94. Селезнева А.В., Селезнев В.А. Опыт экологического нормирования биогеной нагрузки на примере Саратовского водохранилища // Изв. Самарского НЦ РАН, 2011, т. 13, № 5, с. 26 – 31.
95. Селезнев В.А., Селезнева А.В., Беспалова К.В. Разработка бассейновых нормативов качества воды (на примере водных объектов Нижней Волги) // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление, 2013, № 2, с. 42–53.
96. Соколова С.А. Анализ практических аспектов установления ПДК для воды и их применение в системе выдачи разрешений // [www.vniro.ru/pages/news/sokolova\\_doklad.doc](http://www.vniro.ru/pages/news/sokolova_doklad.doc).
97. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» от 20 декабря 2001 г. (в ред. Федеральных законов от 22.08.2004 N 122-ФЗ, 29.12.2004 N 199-ФЗ, 09.05.2005 № 45-ФЗ, 31.12.2005 № 199-ФЗ, 18.12.2006 № 232-ФЗ, 05.02.2007 № 13-ФЗ, 26.06.2007 № 118-ФЗ, от 24.06.2008 № 93-ФЗ, от 14.07.2008 № 118-ФЗ, 23.07.2008 № 160-ФЗ, 30.12.2008 № 309-ФЗ, 14.03.2009 № 32-ФЗ, 27.12.2009 № 374-ФЗ, 29.12.2010 № 442-ФЗ, 11.07.2011 № 190-ФЗ, 18.07.2011 № 242-ФЗ, 18.07.2011 № 243-ФЗ, 19.07.2011 № 248-ФЗ, 21.11.2011 № 331-ФЗ, 07.12.2011 № 417-ФЗ, 25.06.2012 № 93-ФЗ, 02.07.2013 № 185-ФЗ, 23.07.2013 № 226-ФЗ, 28.12.2013 № 406-ФЗ, 28.12.2013 № 409-ФЗ, с изменениями, внесенными Постановлением Конституционного Суда РФ от 05.03.2013 № 5-П).
98. Федоров В.Д. К стратегии биологического мониторинга // Биол. науки, 1974, № 10, с. 7–17.
99. Хитров Н.Б., Рухович Д.И., Калинина Н.В. и др. Оценка площадей засоленных почв на территории Европейской части России (по электронной версии карты засоления почв масштаба 1:2,5 млн.) // Почвоведение, 2009, № 6, с. 627–637.
100. Цыцарин Г.В. Введение в гидрохимию. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 104 с.
101. Чеботарев Г.Н., Моисеенко Т.И., Бородач М.В. и др. Обоснование региональных нормативов качества вод и правовых механизмов их установления на уровне субъектов Российской Федерации // Вестник Тюменского ун-та, 2012, № 12, с. 227–237.
102. Чекваидзе В.Б., Миляев С.А. Вторичные ореолы рассеяния аммония на золоторудных месторождениях // Руды и металлы, 1993, № 1–2, с. 60–68.
103. Черняев А.М., Дальков М.П., Шахов И.С., Прохорова Н.Б. Бассейн. Эколого-водохозяйственные проблемы, рациональное водопользование. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – 366 с.
104. Черняев А.М., Прохорова Н.Б., Дальков М.П., Шахов И.С. Бассейн II. Стратегия управления устойчивым водопользованием. – Екатеринбург: Изд-во «Виктор», 1995. – 236 с.

105. Шарпов Н.М., Бадмацыбенков Ю.Б. К вопросу определения природной составляющей содержания веществ и соединений в поверхностных водных объектах // Сборник мат-лов XI Междунар. науч.-практ. симп. и выставки «Чистая вода России», 18–20 мая 2011 года, г. Екатеринбург. – Екатеринбург, 2011, с. 151–155.
106. Шарпов Н.М., Заслоновский В.Н. Об относительности показателей в системе нормирования качества природных вод // Водные ресурсы и водопользование: Сб. науч. трудов. Вып. 3. – Екатеринбург–Чита: Изд-во РосНИИВХ, 2007, с. 133–145.
107. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. – М.: Недра, 1998. – 366 с.
108. Шило Н.А. Основы учения о россыпях. – М.: Наука, 1985. – 400 с.
109. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.
110. Эдельштейн К.К., Смахтина О.Ю. Генетическая структура речного стока и химико-статистический метод выделения ее элементов // Вод. ресурсы, 1991, № 5, с. 5–20.
111. Экогеология России. Т. 1. Европейская часть. – М.: ЗАО «Геоинформарк», 2000. – 300 с.
112. Яроцкий Г.П. Камчатский край. Перспективы и направления развития территории и охраны природы. – Петропавловск-Камчатский: Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН, 2011. – 339 с.
113. Янин Е.П. Экологическая геохимия горнопромышленных территорий. – М.: Геоинформмарк, 1993. – 50 с.
114. Янин Е.П. Тяжелые металлы в малой реке в зоне влияния промышленного города. – М.: ИМГРЭ, 2003. – 89 с.
115. Янин Е.П. Источники и особенности загрязнения речных систем в горнорудных районах // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2005, № 1, с. 2–33.
116. Янин Е.П. Биогеохимические провинции // Новая Российская энциклопедия: В 12 т. Том 3 (1). – М.: ООО «Изд-во «Энциклопедия»: ИД «ИНФРА-М», 2007, с. 205–206.
117. Янин Е.П. Возможные подходы к оценке техногенного загрязнения при интерпретации геохимических аномалий в горнорудных районах // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2008, № 4, с. 58–87.
118. Янин Е.П. Биогеохимическая провинция // Российская геологическая энциклопедия: В трех томах. Т. 1 (А–И). – М. – СПб.: Изд-во ВСЕГЕИ, 2010, с. 133–134.
119. Янин Е.П., Кузьмич В.Н., Иваницкий О.М. Определение природной региональной неоднородности химического состава поверхностных вод при установлении нормируемых показателей качества воды // Тр. 4-й Всерос. науч. конф. с междунар. участием «Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов», г. Москва, 15–18 сентября 2015 г. – М.: ИВП РАН, 2015, с. 222–224.
120. Berillium and Berillium Compounds. CICAD № 32. – Geneva: WHO, 2001. – 71 p.
121. Livingstone D.A. Chemical composition of rivers and lakes: Data of geochemistry // U.S. Geol. Survey Profess., 1963, Paper 440 G, p. G1–G64.